



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

ESTUDO DE PROVENIÊNCIA DA SEDIMENTAÇÃO APTIANA AFLORANTE NA PORÇÃO NORTE DA SUB-BACIA DE ALAGOAS

Gabriela Menezes Almeida

Orientadora: Profa. Dra. Maria de Lourdes da Silva Rosa

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias

São Cristóvão-SE
2016

Gabriela Menezes Almeida

**ESTUDO DE PROVENIÊNCIA DA SEDIMENTAÇÃO APTIANA
AFLORENTE NA PORÇÃO NORTE DA SUB-BACIA DE ALAGOAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias da Universidade Federal de Sergipe, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geociências.

Orientadora: Dra. Maria de Lourdes da Silva Rosa

São Cristóvão–SE
2016

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

A447e Almeida, Gabriela Menezes
Estudo de proveniência da sedimentação aptiana aflorante na
porção norte da sub-bacia de Alagoas / Gabriela Menezes Almeida
; orientadora Maria de Lourdes da Silva Rosa. – São Cristóvão,
2016.
95 f. : il.

Dissertação (mestrado em Geociências e Análise de Bacias) –
Universidade Federal de Sergipe, 2016.

1. Sedimentos (Geologia). 2. Fáceis (Geologia). 3.
Geocronologia. 4. Bacias sedimentares – Alagoas. I. Rosa, Maria
de Lourdes da Silva, orient. II. Título.

CDU 551.3.051(813.5)

ESTUDO DE PROVENIÊNCIA DA SEDIMENTAÇÃO APTIANA AFLORENTE NA PORÇÃO NORTE DA SUB-BACIA DE ALAGOAS

por:

Gabriela Menezes Almeida
(Geóloga, Universidade Federal de Sergipe – 2013)

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Submetida em satisfação parcial dos requisitos ao grau de:

MESTRE EM GEOCIÊNCIAS

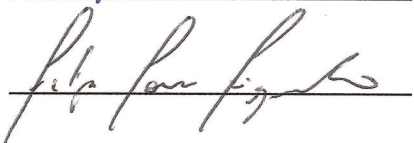
BANCA EXAMINADORA:



Dra. Maria de Lourdes da Silva Rosa [Orientadora – UFS]



Dr. Wagner Souza-Lima [Membro Externo – Fundação Phoenix/Petrobras]



Dr. Felipe Torres Figueiredo [Membro Interno – UFS]

Data da Defesa: 29/02/2016

DEDICATÓRIA

*A todos aqueles que pude chamar de MESTRE ao longo dessa caminhada, e que me ensinaram muito mais do que apenas dizeres científicos, sobretudo aos maiores mestres de minha vida: **MEUS PAIS**.*

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho só foi possível devido ao trabalho de muitas mãos e mentes, que foram indispensáveis no meu crescimento como geóloga, pesquisadora e também como pessoa, e a elas devo meus sinceros agradecimentos. Inicialmente, agradeço a minha determinação e empenho por ter chegado até aqui mesmo com tantas adversidades.

Agradeço ao PGAB, DGEOL e PRONEX da Universidade Federal de Sergipe por propiciarem financiamento e acreditarem no potencial dessa pesquisa, ao CPGeo/USP pelas análises geocronológicas lá realizadas. À UO-SEAL/EXP/SE pelo apoio logístico desde o trabalho de campo às etapas finais dessa dissertação. Ao LAPA, pelo acolhimento e apoio de todos os colegas e professores quando precisei.

Às minhas orientadoras **Dra. Maria de Lourdes da Silva Rosa**, por confiar no meu potencial, e **MSc. Maria Rosilene Ferreira de Menezes**, aquela que mais acreditou na importância desse trabalho, que me incentivou e me acalmou nos momentos de desespero, que pegou em minha mão e me ensinou tudo o que sabia, e sem a qual esse trabalho não seria possível. Ao professor **Dr. Herbet Conceição**, pelas horas no MEV. Ao professor **Dr. Márcio Mattos Paim**, que me ajudou com a logística de campo.

A meus pais, **José Gladiston** e **Juvanete**, pelo amor incondicional, pelo suporte em todos os momentos da minha vida e por me apoiarem a seguir o caminho que escolhi. A minha irmã, Marina, pelo carinho por existir. A meus bebês, **Parvati** e **Surya**, por me fazerem companhia em frente ao computador até tarde da noite enquanto dissertava.

Aos meus amigos da Petrobras, que acompanharam meu dia a dia e a minha evolução durante todo esse processo, os geólogos **Alessandra, Carol, Cristina, Cristiano, Maria Caroline, Rancan, Rick, Sávio** e **Wagner**; as bioestratígrafas **Geize** e **Marcella**, que me ajudou com as análises de palinomorfos, a todos os técnicos do Laboratório de Sedimentologia e Estratigrafia, em especial **Laisy** e **Cláudio**, pela confecção das lâminas petrográficas, a **Paulo**, que foi essencial nos meus trabalhos de campo e ao

companheiro **Rogério**. À bibliotecária **Sônia** pela sua eficiência em conseguir todas as infinitas bibliografias que precisei ao longo desses dois anos.

Aos amigos **Luciana** e **Sanmy**, companheiros acadêmicos e da vida. Aos amigos de infância **Aline, Anderson, Bruno, Fernanda, Katarine** e **Mayumi**. A **Ícaro** e **Maurício**, por sempre estarem dispostos a ouvir minhas incertezas acerca da vida. Aos amigos do LAPA, principalmente **Gabriel, Jailson** e **Hiakan**. Às divas **Laysa, Ludmilla** e **Vivianne**. A **Luiz Henrique**, pela amizade e pela presença, mesmo que distante. Aos amigos da AMES, especialmente **Tilak, Gabriel** e **Luis**, que sempre ouviam a desculpa “não posso ir escalar esse final de semana por causa do mestrado”. A **Társis** e, obviamente, à minha melhor amiga **Jéssia**, por tudo.

A Deus, O Universo, O Criador, ou como queira chamar essa “Energia Poderosa” que guia nossas vidas, pelos caminhos que percorri para chegar aqui, pelos erros e acertos que me tornaram a pessoa que sou, pelas escolhas que me trouxeram aonde estou, e pelos caminhos que sei que me levará à conquista dos meus sonhos.

Por último, àquele que entrou na minha vida de repente e como não quer nada foi se tornando parte dela, que compartilha comigo alegrias, sonhos e objetivos: **Alexandre Reis**.

EPÍGRAFE

*Caminho se conhece andando
Então vez em quando é bom se perder
Perdido fica perguntando
Vai só procurando
E acha sem saber*

Chico César

RESUMO

Os afloramentos Praia de Japaratinga, Barreiras do Boqueirão e Morro de Camaragibe, sub-bacia de Alagoas, estão localizados nos municípios de Japaratinga e Passo de Camaragibe, ao norte do Estado de Alagoas. Essas exposições exibem fácies de depósitos de um sistema flúvio-deltaico-turbidítico, até então atribuídos à Formação Maceió, de idade eoaptiana. As fácies caracterizadas nesses afloramentos compõem depósitos de fluxos gravitacionais catastróficos com duas direções principais de paleocorrentes: uma dominante para SW, a qual tem seus estratos em parte erodidos por fluxos canalizados com paleocorrente de direção SE, indicando no mínimo a existência de duas áreas fontes distintas. Este trabalho objetivou indicar a proveniência desses sedimentos unindo dados de análise faciológica, petrografia, palinologia, geoquímica de rocha total e geocronologia em zircão detrítico via LA-ICP-MS. O posicionamento estratigráfico dos afloramentos estudados, foi utilizada a palinologia em siltitos e folhelhos para obtenção de idade deposicional. A presença de pólen da espécie *Sergipea tenuiverrucata*, indicativa de idade eoaptiana, para os folhelhos negros ricos em conchostráceos e fragmentos de peixes, presentes no topo da seção no afloramento Barreiras do Boqueirão. Essa idade coloca tais afloramento estratigraficamente acima da Formação Maceió, considerada como depositada entre o Eoaptiano e Mesoaptiano. No tocante à proveniência, tanto a geoquímica de rocha total, quanto a geocronologia dos zircões mostraram assinaturas distintas para as duas principais direções de paleocorrentes. As idades de zircão detrítico encontradas nas amostras estudadas apontam a Província Borborema como área fonte. Duas frequências distintas de idades foram caracterizadas: o predomínio de cristais com idades neoproterozóicas para a fácies de paleocorrentes SW, e de idades neoproterozóicas com contribuição de terrenos paleoproterozóicos e mesoproterozóicos para a fácies de paleocorrente SE.

Palavras-Chave: Fácies, Sistemas Depositionais, Paleocorrentes, Geocronologia de Zircão

ABSTRACT

The outcrops Praia de Japaratinga, Barreiras do Boqueirão and Morro de Camaragibe, Alagoas sub-basin, are located in the cities of Japaratinga and Passo de Camaragibe, northern state of Alagoas. These exposures show facies of the deposits of a fluvial-deltaic-turbidity system, until now attributed to Maceió Formation, Lower Aptian age. Their facies characterize deposits of catastrophic flows with SW dominant paleocurrent, that are cut by streams channeled oblique paleocurrent the last, about to SE, indicating at least the existence of two distinct sources areas. This study aimed to indicate the source of these sediments joining stratigraphy, petrography, whole rock geochemistry and geochronology of detrital zircon via LA-ICP-MS data. Both geochemical whole rock, as the geochronology of zircons showed different chemistry and age patterns for facies paleocurrent SW regarding the facies of SE paleocurrent. The detrital zircon ages found in the samples, although, indicate origin of the Borborema Province, there was a predominance of Neoproterozoic age crystals for the SW Paleocurrent facies, and Neoproterozoic ages with contribution of Paleoproterozoic and Mesoproterozoic terranes for facies paleocurrent SE. Regarding the stratigraphic position of the studied outcrops, it was used palynology in siltstones and shales for obtaining depositional age. The presence of pollen species *Sergipea tenuiverrucata* is indicative of Upper Aptian age for the rich black shales in conchostracans and fish fragments present in the top section of the outcrop Barreiras do Boqueirão. This age puts such outcrops stratigraphically above the Maceió Formation, considered deposited in Aptian Lower to Middle.

Keywords: Facies, Depositional System, Paleocurrents, Zircon Geochronology

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
EPÍGRAFE	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
SUMÁRIO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABELAS	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS	xiv
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	1
I.1. Apresentação	2
I.2. Objetivos	2
I.3. Localização e Área de Estudo	3
I.4. Metodologia	5
I.4.1. Levantamento Bibliográfico	5
I.4.2. Trabalhos de Campo	5
I.4.3. Estudo Petrográfico	7
I.4.4. Microscopia Eletrônica de Varredura	8
I.4.5. Geoquímica de Rocha Total	8
I.4.6. Análise Palinológica	9
I.4.7. Análise Geocronológica em Zircão	9
I.4.5. Estrutura da Dissertação	12
CAPÍTULO II – A BACIA DE SERGIPE-ALAGOAS E O SEU EMBASAMENTO	13
II.1. Introdução	14
II.2. O Embasamento da Bacia Sergipe-Alagoas	14
II.3. Bacia Sergipe-Alagoas	17
II.3.1. Arcabouço Estratigráfico	17
II.3.2. Arcabouço Tectono-Estrutural	23
II.3.3. Sedimentação Aptiana	27

CAPÍTULO III – RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
III.1. Introdução	31
III.2. Análise de Fácies	31
III.2.1. Fácies dos Afloramentos Praia de Japaratinga e Barreiras do Boqueirão	31
III.2.2. Fácies do Afloramento Morro de Camaragibe	37
III.2.3. Associação e Interpretação de Fácies	43
III.3. Petrografia	51
III.3.1. Constituintes Texturais e Detríticos	51
III.3.1. Constituintes Diagenéticos e Porosidade	58
III.4. Conteúdo Palinológico	62
III.5. Geoquímica de Rocha Total	66
III.5.1. Elementos Maiores	66
III.5.2. Elementos Traço	70
III.6. Caracterização e Interpretação dos Cristais de Zircão	72
III.7. Idade U-Pb dos Zircões Detríticos	74
III.7.1. Idades dos Zircões Detríticos da Amostra JPT-03	74
III.5.2. Idades dos Zircões Detríticos da Amostra CAM-09	77
III.8. Proveniência dos Zircões Detríticos	80
 CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS	 85
IV.1. Conclusões	86
IV.2. Recomendações	87
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 89
 ANEXOS	 95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de localização dos afloramentos estudados. Fonte: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	4
Figura 2.	Fluxograma das atividades desenvolvidas nessa dissertação	6
Figura 3.	Fluxograma de preparação de concentrados de minerais pesados utilizados nesse trabalho, baseado no método descrito por Carrera (2015)	11
Figura 4.	Mapa da província Borborema modificado de Silva Filho <i>et al.</i> (2014)	15
Figura 5.	Carta estratigráfica da sub-bacia de Sergipe conforme Campos Neto <i>et al.</i> 2007	18
Figura 6.	Carta estratigráfica da sub-bacia de Alagoas conforme Campos Neto <i>et al.</i> 2007	19
Figura 7.	Mapa com os principais compartimentos estruturais da Bacia de Sergipe-Alagoas. (modificado de Lana 1985 e Falkenhein <i>et al.</i> 1986 <i>in</i> Cruz 2008)	24
Figura 8.	Modelo de Lana (1990) para a evolução estrutural da Bacia de Sergipe-Alagoas. (Extraído de Cruz 2008)	26
Figura 9.	(A) Siltito rico em conchostráceos da Fácies ASltCh. (B) Arenito grosso cinza claro da fácies ArnGro com baixo ângulo com topo erodido pelo arenito muito grosso da Fácies ArnCgl com sigmoide. (C) Fácies ArnCgl com cruzadas sigmóidais com blocos de granito e contato basal erosivo sobre siltitos esverdeados na base da exposição. (D) Fácies ArnMG sig em contato basal com Fácies ArnGro ma-fl. (E) Arenito médio a grosso da Fácies ArnMG sig com o topo da forma de leito sendo erodido por arenitos da fácies ArnGgl sig. (F) Siltito esverdeado lenticular (Slt Lent) preservado na base da grande forma de leito sigmoidal (ArnMG sig) e recobrindo o arenito maciço da Fácies ArnGro ma-fl. Fotografias A, B e C, afloramento Praia de Japaratinga; D, E e F, Barreiras do Boqueirão	33
Figura 10.	(A) Contato entre a Fácies ArnMG sig e a Fácies Paraconglomerado de matriz arenosa muito grossa com clastos e blocos de lamitos e seixos de granito (Japaratinga). (B) Bloco de lamito internamente a Fácies Paraconglomerado de matriz arenosa muito grossa (Japaratinga). (C) Feição canalizada com arenito grosso a muito grosso, contendo blocos de lamito, da fácies ArnGmG ma can erodido parte dos arenitos grossos a conglomeráticos com blocos de granito da fácies ArnCgl sig. Para o topo e lateralmente a feição canalizada observar arenitos grossos a muito grossos com gradação normal e acamamento em baixo ângulo, da fácies	

	ArnGmG Δ ba. (D) Detalhe dos seixos de granito e blocos de siltitos dispersos na Fácies ArnGmG ma can interna ao canal (Barreiras do Boqueirão). (E) Detalhe da Fácies arenitos grossos a muito grossos (ArnGmG Δ ba) que sobrepõem a fácies com cruzadas de pequeno porte e cruzadas sigmoidal, lateralmente a geometria em canal. (F) Fácies Flh La recobrando arenitos grossos a muito grossos (ArnGmG Δ ba) que sobrepõem a fácies canalizada (ArGMg ma can). Figuras A e B: Afloramento Praia de Japaratinga; figuras C, D, E e F: Barreiras do Boqueirão	36
Figura 11.	(A) Fácies Interacamadado (Int) Lamito siltoso/Arenito com estruturas de sobrecarga sobre o lamito (em chama) e discretas ripples no topo da camada de arenito. (B) Fácies ArnCgl acam maciço exibindo bandas de oxidação intercalado com com feições canalizadas da Fácies Pcgl2. (C) Fácies Pcgl3. "Paraconglomerado" de matriz arenosa, com blocos de lamitos deformados, provavelmente oriundos do rompimento de camadas (?). (D) Fácies Slt esv em contato com a Fácies ArnCgl acam. (E) Fácies ArnFno pp/rp com laminação planoparalela e topo exibindo ripples de corrente.(F) Fácies Orto a Paraconglomerado Lítico Ort-Pcgl lit com blocos de arenito, lamito, granito, sobrepondo abruptamente arenitos da fácies Fácies ArnFno pp/rp e passando para arenitos grossos maciços da fácies ArnmGM ma. Figuras A, B, C e D: setor norte; figuras E e F, setor central	39
Figura 12.	(A) Fácies ArnFMG ago, com blocos de argilito e arenitos finos com ripples de corrente colapsadas no topo dos estratos. (B) Fácies ArnMGr esv com arenitos finos com ripples da fácies ArnF rp no topo do estrato. Local de coleta da amostra para proveniência para a fácies ArnMGr esv. (C) Detalhe para gradação da Fácies ArnMGr esv para ArnF. Notar concentração de clastos de folhelhos e fragmentos de carvão no topo da Fácies ArnMGr esv.(D) Fácies Rtm, detalhe para a camada mais espessa, com estruturas de bioconstrução. (E) Coprólito em Fácies Rtm. (F) Fácies folhelho escuro rico em matéria orgânica (FlhMO), com peixe fóssil e conchostráceo	42
Figura 13.	Gênese das fácies de um sistema flúvio-deltaico conforme Mutti <i>et al.</i> (2003)	49
Figura 14.	Evolução de um fluxo turbidítico conforme Mutti <i>et al.</i> (1999)	50
Figura 15	Fotomicrografias dos aspectos texturais (coluna da esquerda, nicóis paralelos) e composicionais (coluna da direita, nicóis cruzados) das fácies ArnMGr esv, afloramento Morro de Camaragibe (A e B), Pcgl1, afloramento Japaratinga (C e D) e ArnGr ma-fl, afloramento Barreiras do Boqueirão (E e F)	52
Figura 16.	Diagrama composicional de Folk (1968) exibindo as composições atuais originais (coloridas) e (tons de cinza) das amostras de arenito descritas para cada afloramento	53

Figura 17.	Gráficos de Dickinson (1985) com as proveniências das amostras descritas	53
Figura 18.	Minerais acessórios encontrados nas lâminas petrográficas. (A) Biotita-Bt e turmalina-Tur na fácies ArnMGr esv, fotomicrografia em nicóis paralelos da amostra CAM-09. (B) Biotita-Bt na fácies Pcgl1, imagem em MEV-EDS da amostra JPT-02. (C) Muscovita-Ms na fácies Pcgl1, imagem em MEV-EDS da amostra JPT-02. (D) Granada-Grt detrítica parcialmente dissolvida na fácies ArnGr ma-fl; fotomicrografia em nicóis paralelos da amostra BOQ-05. (E) Cristal de monazita-Mnz na fácies ArnMG sig, imagem em MEV-EDS da amostra CAM-01 e (F) Cristais de apatita-Ap na fácies ArnMGr esv, imagem em MEV-EDS da amostra CAM-09.	57
Figura 19.	Principais constituintes diagenéticos. (A) Ilita/esmectita-I/S substituindo matriz na fácies Pcgl1, fotomicrografia em nicóis paralelos da amostra JPT-02. (B) Ilita/Esmectita-I/S na fácies ArnMG sig, imagem em MEV-EDS da amostra CAM-01. (C) Caulinita-Cau intragranular substituindo feldspato detrítico em lâmina da fácies ArnGr ma-fl, fotomicrografia em nicóis cruzados da amostra BOQ-05. (D) Óxido/hidróxido-OX/OH de ferro-Fe encrustando constituinte primário (fragmento de calcário?) na fácies ArnMGr esv, fotomicrografia em nicóis paralelos da amostra CAM-09. (E) Calcita-Ca substituindo quartzo detrítico na fácies ArnF pp/rp, fotomicrografia em nicóis cruzados da amostra CAM-07. (F) Sobrecrecimento de albita-Alb sobre grão de ortoclásio-Or em lâmina da fácies ArnF pp/rp, fotomicrografia em nicóis cruzados da amostra CAM-07	59
Figura 20.	(A) Leucoxênio-Leu substituindo mineral de titânio e sobrecrecimento de quartzo-Qtz em lâmina da fácies ArnGmG Δ ba, fotomicrografia em nicóis paralelos da amostra BOQ-02. (B) Pirita-Py framboidal em lâmina da fácies ArnMG sig, fotomicrografia em nicóis paralelos da amostra BOQ-01. (C) Argila infiltrada-Arg Inf em lâmina da fácies ArnMG sig, fotomicrografia em nicóis paralelos da amostra BOQ-01. (D) porosidade intragranular-Por em fragmento de rocha-Fr ocasionada por dissolução de feldspato na fácies ArnGmG Δ ba, fotomicrografia em nicóis paralelos da amostra BOQ-02	61
Figura 21.	Paragênese diagenética para os litotipos descritos	61
Figura 22.	Quadro da análise de palinomorfos para o afloramento de Morro de Camaragibe. O gráfico de barras mostra a abundância de matéria orgânica autóctone e alóctone por amostra analisada enquanto que o gráfico de pizza mostra a proporção média entre esses componentes. As fotomicrografias exibem alguns tipos de matéria orgânica encontrados	63
Figura 23.	Quadro da análise de palinomorfos para o afloramento Barreiras do Boqueirão. O gráfico de pizza mostra a proporção média entre e quantidade de matéria orgânica autóctone e alóctone. As	

	fotomicrografias exibem alguns tipos de matéria orgânica encontrados, com destaque para a <i>Sergipea tenuiverrucata</i> , que é característica do Aptiano Superior	64
Figura 24.	Gráfico de elementos maiores normalizados pela crosta continental superior (Taylor & McLennan 1995)	69
Figura 25.	(A) Gráfico de elementos traços normalizados pela crosta continental superior (Taylor & McLennan 1995); (B) Padrões para as amostras JPT-02 e JPT-03; (C) Similaridade entre as amostras JPT-01 e BOQ-01; (D) Padrão da amostra CAM-09	69
Figura 26.	(A) Diagrama de elementos terra rara normalizado pelo condrito (Nakamura 1974); (B) Padrões para as amostras JPT-01, BOQ-01 e CAM-09; (C) Assinatura das amostras JPT-02 e JPT-03	71
Figura 27.	Imagens MEV de cristais de zircão da amostra JPT-03: (A) Zircões detritos com núcleo zonado e arestas moderadamente arredondadas; (B) Zircão detrito prismático com zonação na borda e ausência desta no núcleo, e (C) Zircão detrito com maior esfericidade e zonação pouco evidente	73
Figura 28.	Imagens MEV de cristais de zircão da amostra CAM-09. (A) Zircões detritos com núcleo zonado e arestas arredondadas, e (B) Zircões detritos prismáticos e zonação interna preservada	73
Figura 29.	Diagrama Frequência <i>versus</i> Idade (Ga) dos zircões detríticos da amostra JPT-03	73
Figura 30.	Diagrama Concórdia aplicado aos zircões detríticos da amostra JPT-03	73
Figura 31.	Diagrama Frequência <i>versus</i> Idade (Ga) dos zircões detríticos da amostra CAM-09	79
Figura 32.	Diagrama Concórdia aplicado aos zircões detríticos da amostra CAM-09	79
Figura 33	Seção esquemática dos afloramentos mostrando as principais direções de paleocorrentes e os aportes de sedimentos. Extraído de Almeida et al, no prelo	82
Figura 34	Mapa de recursos minerais do Estado de Alagoas mostrando a localização dos afloramentos e principais direções de proveniência. Modificado e Mendes et al (2015)	83

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.	Fácies sedimentares da Formação Maceió segundo Abreu & Potter (1990)	29
Tabela 2.	Fácies descritas para os afloramentos estudados	44
Tabela 3.	Tabela de constituintes das lâminas petrográficas descritas	54
Tabela 4.	Composição de rocha total das amostras selecionadas	67
Tabela 5.	Índices de alteração para as amostras selecionadas	68
Tabela 6.	Idades U-Pb (LA-ICP-MS) dos zircões detríticos da amostra JPT-03	75
Tabela 7.	Idades U-Pb (LA-ICP-MS) dos zircões detríticos da amostra CAM-09	78

LISTA DE ABREVIATURAS

ArnCgl sig.....	Arenito conglomerático sigmoidal
ArnCgl acam.....	Arenito conglomerático acamadado
ArnF rp.....	Arenito fino com <i>climbing ripples</i>
ArnF pp/rp.....	Arenito fino com estratificação planoparalela e <i>ripples</i>
ArnFMG ago.....	Arenito fino/médio/grosso argiloso
ArnMGr esv.....	Arenito médio a grosso esverdeado
ArnGr bxa.....	Arenito grosso com estratificação em baixo ângulo
ArnGmG ma can.....	Arenito grosso a muito grosso canalizado
ArnGmG Δba.....	Arenito grosso a muito grosso
ArnGr ma-fl.....	Arenito grosso maciço a fluidizado
ArnmGM ma.....	Arenito muito grosso a médio gradado maciço
ArnMG sig.....	Arenito médio a grosso com estratificação sigmoidal de grande porte
ASltCh.....	Argilito-siltito rico em conchostráceos
CPGeo.....	Centro de Pesquisas Geocronológicas
DGEOL.....	Departamento de Geologia
EDS.....	Espectrômetro de Energia Dispersiva
FlhL.....	Folhelho laminado
FlhMO.....	Folhelho escuro rico e matéria orgânica
IBGE.....	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICP.....	Plasma Indutivamente Acoplado
Int.....	Interacamadado
LA.....	Ablação a Laser
MEV.....	Microscópio Eletrônico de Varredura
MS.....	Espectrometria de Massa
Pcgl1.....	Paraconglomerado alaranjado
Pcgl2.....	Paraconglomerado lenticular
Pcgl3.....	Paraconglomerado intradeformacional
PGAB.....	Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias
PRONEX.....	Programa Núcleos de Excelência
Ort-Pcgl lit.....	Orto a Paraconglomerado
Rtm.....	Ritimito
SE.....	Elétrons Secundários
Slt esv.....	Siltito esverdeado lenticular
Slt lent.....	Siltito lenticular
UFS.....	Universidade Federal de Sergipe
USP.....	Universidade de São Paulo
UO-SEAL/EXP/SE.....	Laboratório de Sedimentologia e Estratigrafia da Unidade de Operações Sergipe-Alagoas

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

I.1 APRESENTAÇÃO

Este trabalho apresenta os resultados sobre o estudo de proveniência dos sedimentos de parte da seção aflorante da Sub-Bacia de Alagoas (extremo norte da Bacia de Sergipe-Alagoas) de idade aptiana (cronocorrelata ao Andar Alagoas) até então atribuída à Formação Maceió, nos afloramentos clássicos Praia de Japaratinga, Barreiras do Boqueirão e Morro de Camaragibe.

Remus *et al.* (2008) afirmaram que o estudo de proveniência em bacias sedimentares brasileiras é escasso. Ainda segundo esses autores, poucos são os projetos em parceria universidades-PETROBRAS ou universidades-empresas privadas que agraciam essa área do conhecimento, sendo realizados nos últimos anos estudos de proveniências nas bacias de Campos, Jequitinhonha, Espírito Santo, Santos e Pelotas. Devido a essa escassez e importância, torna-se necessário um estudo localizado na Bacia de Sergipe-Alagoas, afim de melhor entender a sua evolução e origem de seus sedimentos.

Os afloramentos estudados nessa dissertação são clássicos e inseridos no contexto da Formação Maceió na literatura (Arienti 1996; Siqueira 2002; Lira 2004; Nascimento & Lima Filho 2005; Arienti 2006), porém discussões mais recentes trazem a possibilidade dessas rochas pertencerem à Formação Muribeca (Souza-Lima, Fundação Phoenix, Aracaju, comunicação verbal) devido ao seu posicionamento bioestratigráfico referentes a suas palinozonas. Os dados adquiridos nesse trabalho procuram abordar brevemente essa questão com o foco na proveniência dos seus sedimentos, auxiliando no melhor entendimento da estruturação da Sub-Bacia de Alagoas durante o final da sedimentação rifte.

I.2 OBJETIVOS

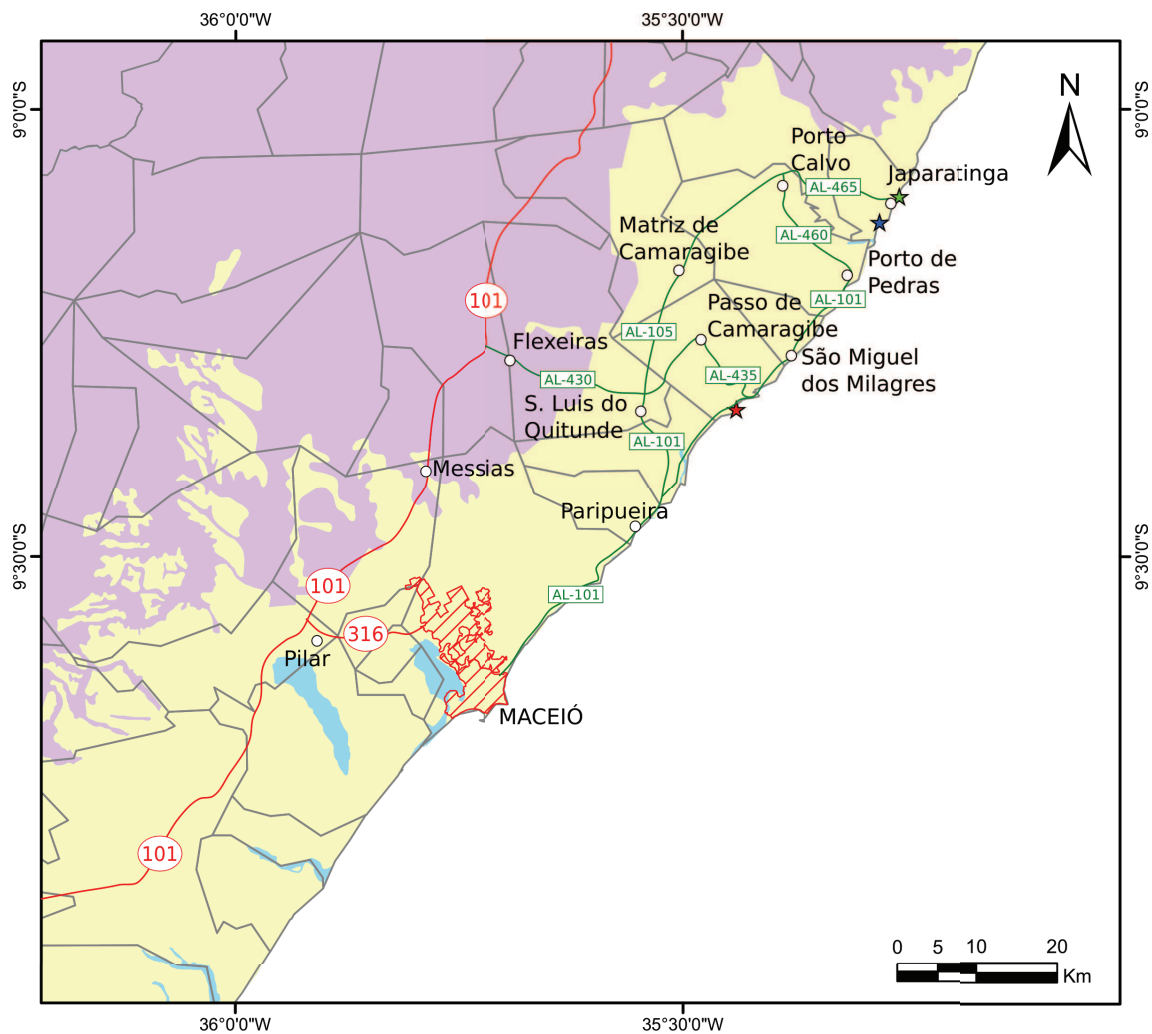
Esta dissertação tem como objetivo principal realizar um estudo de proveniência de parte da seção aptiana aflorante da Sub-Bacia de Alagoas até então atribuída à Formação Maceió. Para atingir tal objetivo buscou-se realizar uma descrição faciológica sucinta dos principais litotipos presentes nos afloramentos estudados; fazer uma análise petrográfica quantitativa e

qualitativa representativas das principais fácies descritas; investigar a real idade de deposição desses sedimentos a partir de análise palinológica; efetuar uma geoquímica de rocha total e geocronologia U-Pb via LA-ICP-MS, em amostras representativas das duas direções principais de paleocorrentes. Por fim, os padrões de idades obtidas foram utilizados para estabelecer uma correlação com as idades de terrenos cristalinos aflorantes, indicando as possíveis áreas fontes.

1.3 LOCALIZAÇÃO E ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está restrita à porção norte da Sub-Bacia de Alagoas, no estado homônimo, onde afloram rochas de idade aptiana (Andar Alagoas) atribuídas à Formação Maceió. Foram estudados três afloramentos clássicos localizados em falésias das praias de: (i) Japaratinga (09°05'50,24"S, 35°15'31,52"W); (ii) Barreiras do Boqueirão (09°07'34,25"S, 35°16'50,14"W), no município de Japaratinga e (iii) Morro de Camaragibe (09°20'06,43"S, 35°26'25,97"W), no município de Passo de Camaragibe.

Para chegar aos afloramentos da cidade de Aracaju pode-se pegar um avião para Maceió (Fig. 1), capital alagoana, ou então seguir pela BR-101, até o município de Pilar, onde entra-se a leste na BR-316 para chegar na cidade de Maceió. A partir da capital pega-se a rodovia estadual AL-101 que corta os municípios litorâneos do Estado seguindo até o município de São Luís do Quitunde, de lá parte para o município Passo de Camaragibe, onde encontra-se o afloramento Morro de Camaragibe, e no mesmo município segue a norte pela rodovia AL-105 até o município de Porto Calvo, entrando para leste na AL-465 em direção ao município de Japaratinga, onde ficam os outros dois afloramentos estudados nessa pesquisa. Outros caminhos alternativos podem ser utilizados, como ilustram as rodovias do mapa de localização da figura 1.



Legenda

- | | | |
|--------------------------------|----------------------|------------------------------------|
| Região Metropolitana de Maceió | Sub-Bacia de Alagoas | Afloramento Praia de Japaratinga |
| Rodovias Federais | Embasamento | Afloramento Barreiras do Boqueirão |
| Rodovias Estaduais | Corpos D'Água | Afloramento Morros de Camaragibe |

Figura 1: Mapa de localização dos afloramentos estudados. Fonte: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

I.4 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos propostos, o desenvolvimento dessa dissertação foi dividido em várias etapas que buscaram uma melhor adequação em todo o processo, desde a coleta de dados até a obtenção e interpretação do resultado final. Para tal, a metodologia consistiu de pesquisa bibliográfica; trabalhos de campo; preparação de amostras, que foram separadas em amostras para confecção de lâminas delgadas e amostras para obtenção de concentrados minerais, estudo petrográfico, análise geoquímica de rocha total, geocronologia U-Pb em zircão via LA-ICP-MS e, por fim, integração dos dados e escrita da dissertação. As etapas da metodologia podem ser visualizadas no fluxograma de atividades (Fig. 2).

I.4.1 Levantamento Bibliográfico

Realização de pesquisa bibliográfica a fim de obter as informações sobre a Bacia Sergipe-Alagoas e seu embasamento, principalmente no que se diz respeito à Sub-Bacia de Alagoas, além de informações sobre os métodos e análises utilizados para o estudo de proveniência em rochas sedimentares. Para tal, foram consultadas teses, dissertações, artigos científicos, anais de congressos e simpósios, seminários e projetos sobre o tema.

I.4.2 Trabalhos de Campo

Foram realizados dois trabalhos de campo onde foram coletadas amostras para estudos petrográficos, geoquímicos, palinológicos e para concentração de minerais pesados. Em todos os pontos amostrados foram registrados as coordenadas geográficas. Foram coletadas amostras representativas das principais fácies deposicionais, devidamente identificadas e arquivadas em sacos plásticos para tratamento posterior.

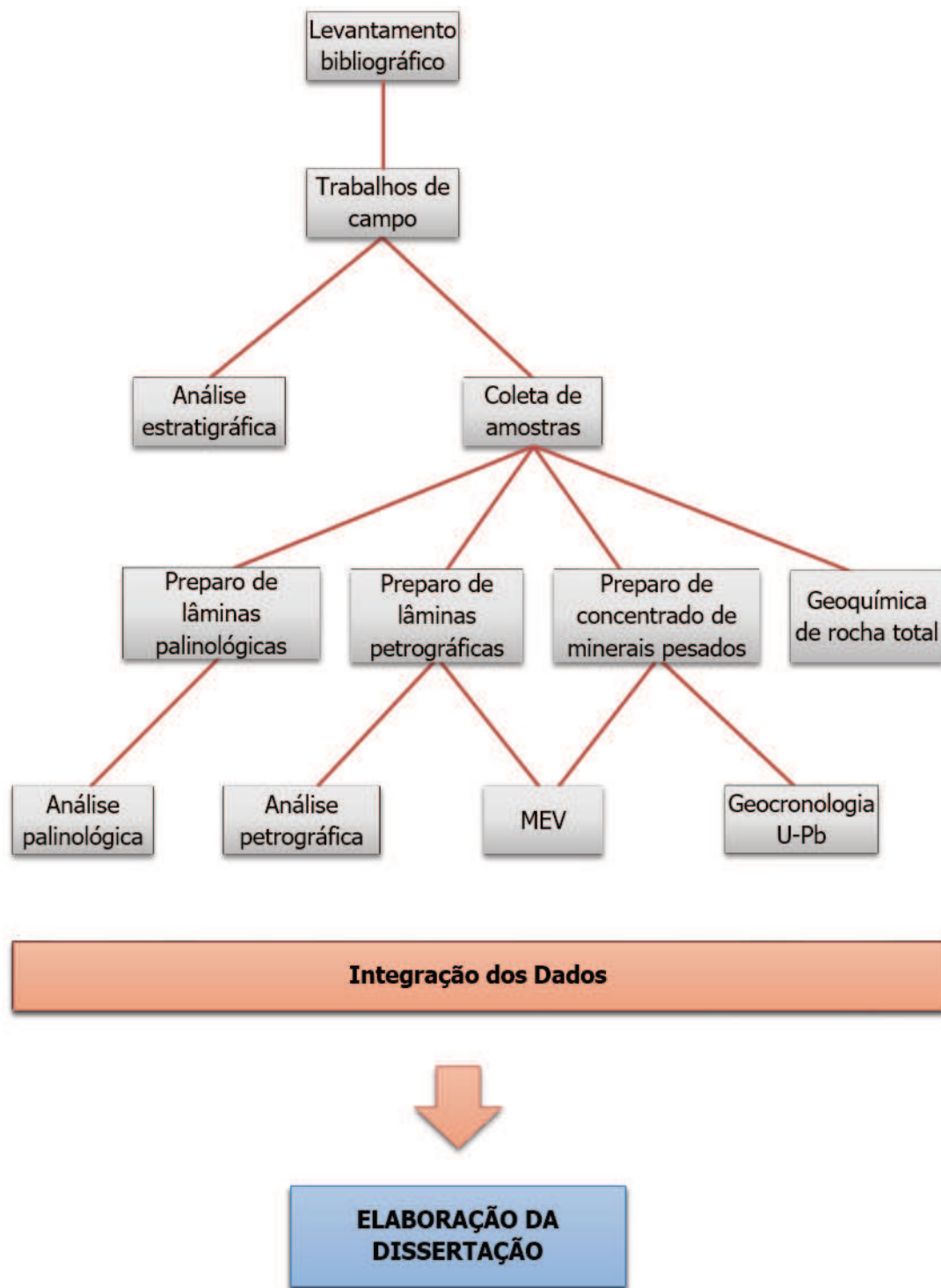


Figura 2: Fluxograma das atividades desenvolvidas nessa dissertação.

O primeiro trabalho de campo foi realizado nos dias 7 e 8 de novembro de 2014, onde foi realizado o reconhecimento inicial dos afloramentos com descrições sucintas das principais fácies sedimentares encontradas, além de escolha e coleta de amostras para estudo de minerais pesados e proveniência. O segundo trabalho de campo foi realizado durante os dias 2, a 4 de dezembro de 2014, onde foram realizadas coletas de amostras para estudos petrográfico, análise palinológica, geoquímica e para estudo de proveniência. No final dessa etapa foram coletadas um total de quinze amostras para estudo de proveniência, geoquímica de rocha total, petrografia e análise palinológica.

I.4.3 Estudo Petrográfico

Para esse estudo foram selecionadas dez amostras de diferentes fácies sedimentares dos três afloramentos estudados, sendo confeccionadas três lâminas do afloramento Barreiras do Boqueirão, duas do afloramento Praia de Japaratinga e cinco do afloramento Morro de Camaragibe, totalizando dez lâminas que foram utilizadas para caracterização de composição, aspectos texturais e análise de proveniência.

As amostras previamente selecionadas para a confecção de lâminas foram preparadas e arquivadas no Laboratório de Sedimentologia e Estratigrafia da Unidade de Operações Sergipe-Alagoas da Petrobras em Aracaju (UO-SEAL/EXP/SE). A metodologia utilizada para o preparo seguiu as normas da empresa.

Na análise petrográfica foi utilizada a contagem modal de Gazzi-Dickinson (Zuffa 1985), onde um total de 300 pontos são quantificados (Van der Plas & Tobi 1965) e classificados quanto à sua composição detrítica, diagenética e tipo de porosidade. A classificação textural e composicional das rochas seguiu a terminologia descrita por Folk (1968) enquanto que a classificação de proveniência dessas rochas seguiu a classificação de Dickinson & Suczek (1979) e Dickinson (1985). Para a realização dessa etapa foi utilizado o microscópio Zeiss AXIO Imager.A2 e para fotografar as lâminas foi utilizada a

câmera AxioCam ICc 3 da Zeiss com o software AxioVision. As lâminas foram descritas com o auxílio do software Petrolege Workstation, nas instalações da UO-SEAL/EXP/SE. Durante todo o processo, livros textos foram utilizados como base para classificação e identificação dos minerais em microscópio óptico (Kerr 1977, Deer *et al.* 1966, Nesse 2004). As abreviações utilizadas para a identificação dos minerais seguem aquelas definidas por Whitney & Evans (2010).

I.4.4 Microscopia Eletrônica de Varredura

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi utilizada para identificação composicional de materiais de três lâminas petrográficas, uma de cada afloramento (Amostras: BOQ-01, JPT-02 e CAM-09), sendo as lâminas dos afloramentos de Praia de Japaratinga e Morro de Camaragibe as representativas das fácies analisadas para o estudo de U-Pb em zircão. Para esse estudo foi utilizado o Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), marca Tescan[®] (Vega 3), do Condomínio de Laboratórios Multiusuários das Geociências do Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias da Universidade Federal de Sergipe (CLGeo/PGAB-UFS), utilizando detectores para a captação de elétrons secundários (SE) e (BSE). A determinação da composição química foi feita através de Espectrômetro de Energia Dispersiva (EDS) da marca Oxford Instrumentos[®] (X-Act). A precisão nos resultados dos elementos varia entre 10% e 20% e as condições analíticas foram sob uma aceleração potencial de 15Kv e corrente variando de 15nA a 20nA, gerando um feixe de elétrons com diâmetro compreendido entre 300nm a 830nm.

I.4.5 Geoquímica de Rocha Total

Foram selecionadas cinco amostras para tal finalidade, três do afloramento Praia de Japaratinga, uma de Barreiras do Boqueirão e uma de Morro de Camaragibe. As análises foram realizadas no Acme Analytical

Laboratories Ltda em Vancouver, Canadá. Foram dosados óxidos dos elementos maiores SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , Cr_2O_3 e P_2O_5 , por ICP-OES e elementos menores e os elementos traços via ICP-MS. Os resultados das análises foram tratados com auxílio do software GCDkit® (Geochemical Data Toolkit for Windows 2.3) de Janoušek *et al.* (2006).

I.4.6 Análise Palinológica

Foram separadas cinco amostras de folhelho e siltito dos afloramentos de Barreiras do Boqueirão e Morro de Camaragibe para a confecção de lâminas palinológicas, que foi realizada na UO-SEAL/EXP/SE. Para a preparação das lâminas foi utilizada metodologia de Uesugui (1979) modificada por Lima e De Araújo (1993, *apud* Lana 1997), cujo objetivo é a eliminação do conteúdo mineralógico das amostras e a liberação da matéria orgânica, de forma que as várias etapas do processo permitam a concentração de palinomorfos em resíduo final (Oliveira 2011). A análise das lâminas palinológicas foi realizada pela bioestratígrafa Msc. Marcella Andrade de Oliveira Alves. Essa etapa foi utilizada para posicionamento estratigráfico dos afloramentos através de biozonas de palinomorfos.

I.4.7 Análise Geocronológica em Zircão

Foram selecionadas duas amostras da seção aptiana aflorante para essa análise. Uma amostra foi coletada na matriz arenosa grossa de paraconglomerado alaranjado do afloramento Praia de Japaratinga (JPT-03) e a outra de arenito médio a grosso esverdeado do afloramento Morro de Camaragibe (CAM-09). Essas amostras foram escolhidas por seus sedimentos apresentarem direções de paleocorrentes diferentes, o que pode ser sugestivo de áreas fontes distintas.

Para a datação dos zircões foi utilizado o método LA-ICP-MS: Espectrometria de Massa por Ablação a Laser. Esse método é amplamente aceito para análise de elementos traços e composição isotópica nas ciências da terra e biológicas (Košler, 2008). A Ablação a Laser consiste em um sistema de introdução de amostra em uma célula hermética, onde é incidido um feixe de laser que pulveriza a amostra, transformando-a num aerossol de partículas levado então como gás para o ICP. O LA-ICP-MS tornou-se um método eficaz para datação de minerais porque não requer uma extensiva preparação de amostra adicional e por ser um método não-destrutivo.

A separação dos minerais pesados e concentração de zircão para análise de U-Pb foi realizada segundo a metodologia clássica (Fig. 3) e foi realizada nos laboratórios de Sedimentologia do Departamento de Geologia da UFS (DGEOL/UFS) e no Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGEO) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IG-USP). A desagregação mecânica das amostras foi realizada no Laboratório de Sedimentologia (DGEOL/UFS), onde a mesma passou por britagem, moagem em moinho de disco e peneiramento, amostrando a fração presente na peneira de 0,125 mm (fração areia fina). Após a desagregação o material foi enviado para o CPGeo, onde foram realizadas as demais etapas da separação.

No CPGeo as amostras foram processadas seguindo a metodologia descrita em Carrera (2015): inicialmente passaram por concentração de pesados em mesa vibratória, concentração magnética através do separador Frantz operando com amperagem de 0,5 A, inclinação frontal de 20° e lateral de 10°. Após essa etapa o material passou por dois líquidos densos, bromofórmio de iodeto e metileno, e novamente pelo separador Frantz, dessa vez com amperagem de 1,5 A e inclinação lateral variando de 10° a 6°. Posteriormente foi feita a seleção manual de 300 cristais de zircão aleatoriamente para que o resultado pudesse sair com o mínimo de interferência possível. O restante dos minerais pesados retornou para o PGAB/UFS, onde foram arquivados.

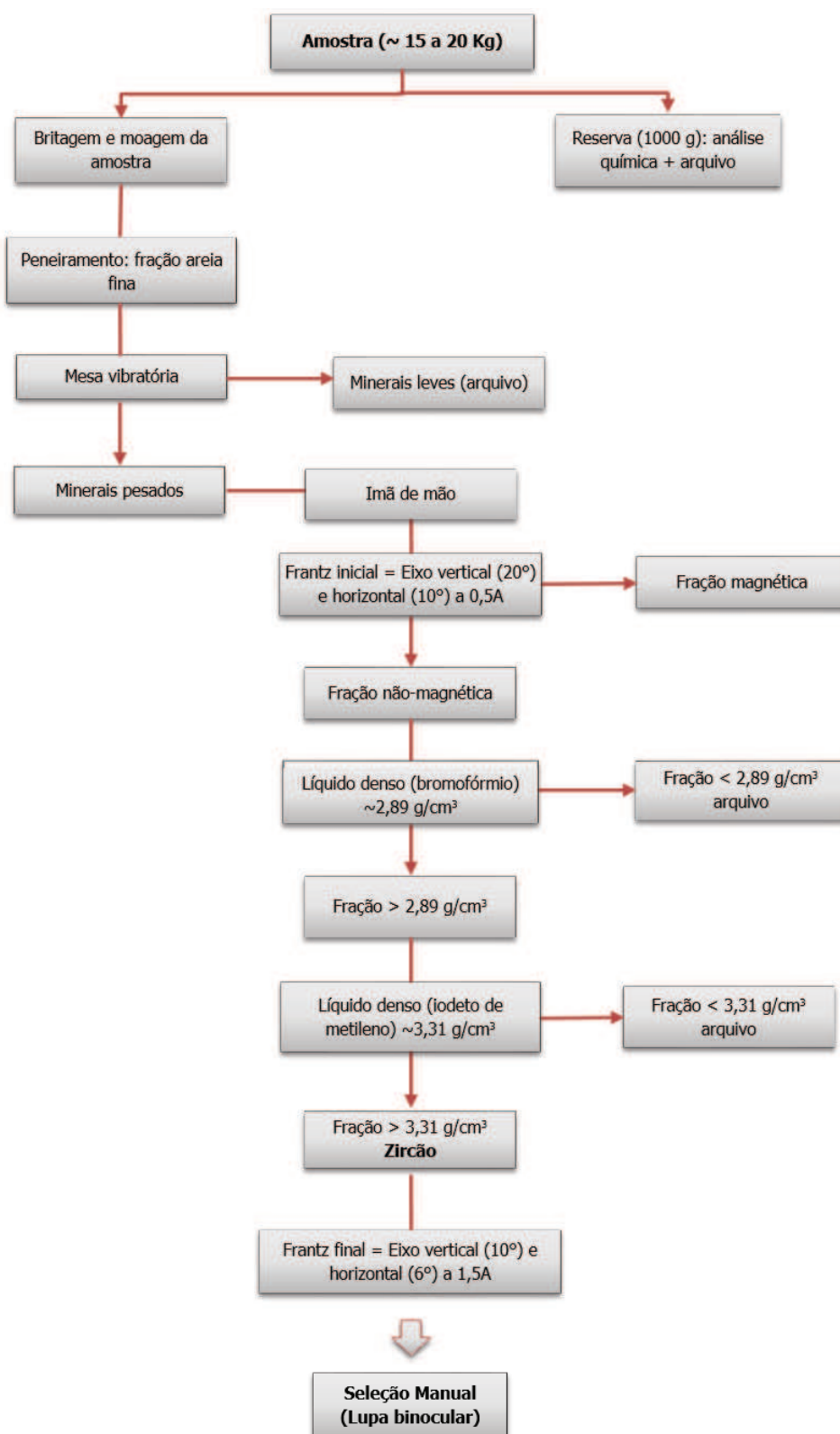


Figura 3: Fluxograma de preparação de concentrados de minerais pesados utilizados nesse trabalho, baseado no método descrito por Carrera (2015).

A preparação dos *mounts* de zircão também foi realizada no CPGeo seguindo a metodologia de Carrera (2015): preparação dos *mounts* em resina epóxi com dimensões de 2,5 cm de diâmetro que foram seccionados e polidos de forma a expor os centros dos grãos e recobertos por uma película de carbono para imageamento por catodo luminescência (CL). As imagens CL foram obtidas através do MEV Hitachi S-2250N com voltagem de 15kV do CPGeo. As análises U-Pb também foram realizadas no CPGeo, utilizando o LA-ICP-MS com multicoletor, cujo processamento dos dados foi obtido através do programa Isoplot, com incertezas dadas a nível de um sigma. Os dados foram plotados em diagrama de concórdia, sendo dispensados na confecção de diagramas de frequência e determinação modal dados com baixo teor de chumbo comum e discordância e/ou erros analíticos inferiores a 10%. idades mais velhas que 800 Ma são referidas como idades $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ e idades maiores que 800 Ma como idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$.

I.4.8 Estrutura da Dissertação

Os dados adquiridos nessa pesquisa foram reunidos, tratados e interpretados para a obtenção de informações importantes para o desenvolvimento desta dissertação, que será posteriormente disponibilizada à comunidade científica. O capítulo introdutório traz a apresentação do tema e área de estudo, objetivos e metodologia dessa pesquisa. O segundo capítulo, Contexto Regional da Bacia Sergipe Alagoas e seu Embasamento, traz a contextualização da área de estudo no que se refere a evolução geológica da Bacia Sergipe-Alagoas.

Os resultados e discussões dessa dissertação estão incluídos no capítulo III que discorre sobre as fácies dos afloramentos estudados, suas associações e interpretações, petrografia, dados de palinomorfos; geoquímica de rocha total e geocronologia U-Pb em zircão. O Capítulo VI traz a integração dos dados com as considerações finais e recomendações.

CAPÍTULO II
A BACIA DE SERGIPE-ALAGOAS E SEU
EMBASAMENTO

II.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo aborda o contexto regional da Bacia de Sergipe-Alagoas e seu embasamento. Para tal serão descritos os terrenos do embasamento de uma forma mais ampla, com maior destaque para o Domínio Pernambuco-Alagoas, embasamento da Sub-Bacia de Alagoas, e, dentro do contexto da Bacia de Sergipe-Alagoas, será discorrido de forma sucinta sua evolução estratigráfica e tectônica.

II.2 O EMBASAMENTO DA BACIA DE SERGIPE-ALAGOAS

As sub-bacias de Sergipe e Alagoas apresentam embasamentos distintos (Fig. 4). Tal fato influenciou diretamente na sua evolução tectono-estrutural e também no seu preenchimento sedimentar (Cruz 2008). Para a Sub-Bacia de Sergipe o embasamento é representado pelo Sistema Orogênico Sergipano em praticamente toda a sua totalidade e pelo embasamento arqueano-paleoproterozóico no extremo sul dessa sub-bacia. Já para a Sub-Bacia de Alagoas o embasamento é constituído majoritariamente pelo Domínio Pernambuco-Alagoas, maior domínio da Província Borborema. A seguir será feita uma breve descrição de cada terreno do embasamento com maior ênfase no Domínio Pernambuco-Alagoas.

O embasamento paleoproterozóico da Bacia de Sergipe-Alagoas aflora na porção sul do Estado de Sergipe e conforme Teixeira *et al.* (2014) é representado pelos complexos Itabaiana-Simão Dias e Santa Luz (Mesoarqueano), Complexo Salvador-Esplanada (Neoarqueano), Complexo Rio Real e Vulcanismo de Arauá (Paleoproterozóico). Os complexos Santa Luz e Salvador-Esplanada encontram-se no contexto do Bloco Serrinha, Cráton São Francisco.

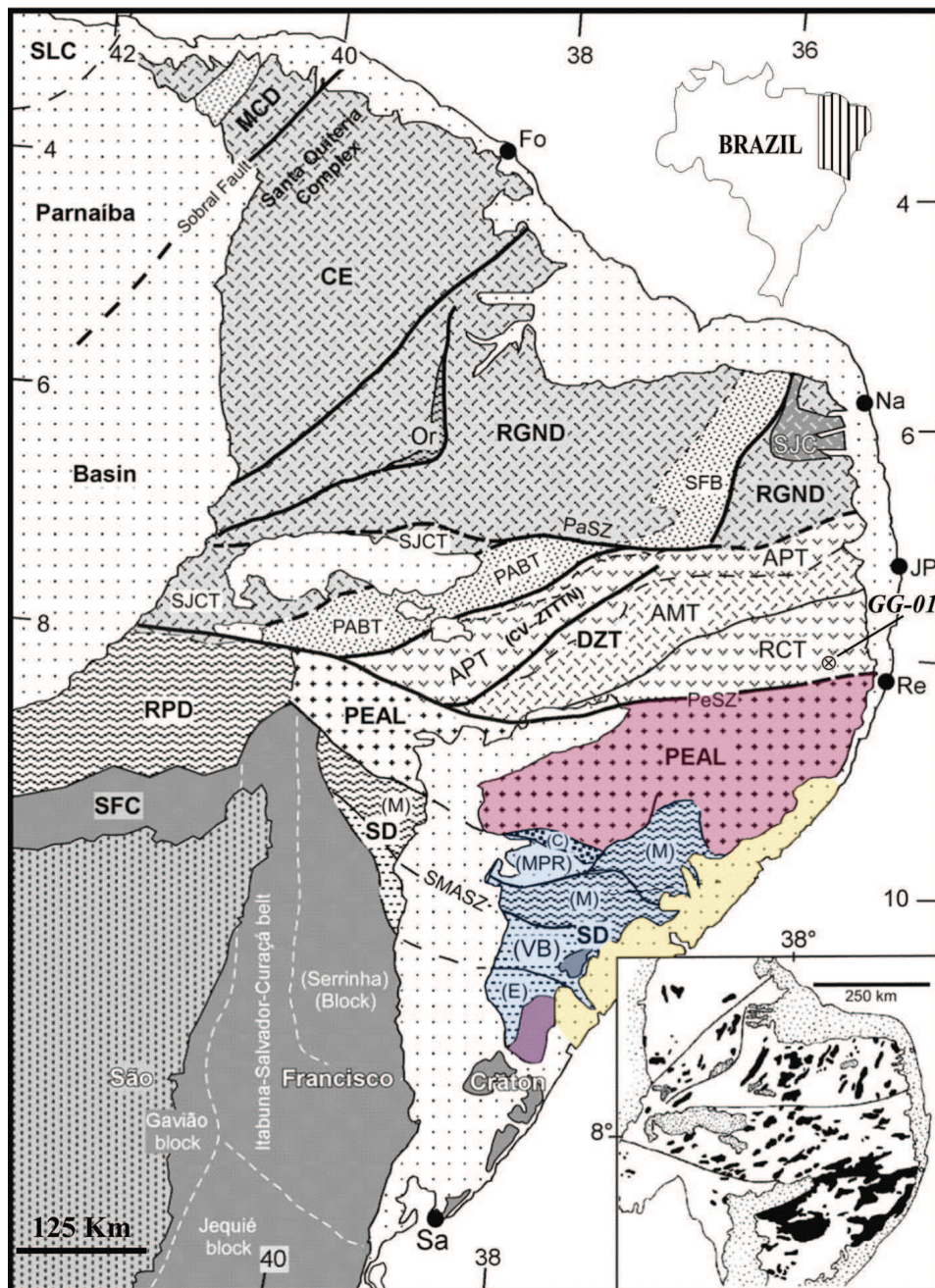


Figura 4: Mapa da Província Borborema modificado de Silva Filho *et al.* (2014) com destaque para a Bacia de Sergipe-Alagoas (amarelo) e seu embasamento: Embasamento arqueano-paleoproterozóico (lilás), Domínio Pernambuco-Alagoas (vermelho) e Sistema Orogênico Sergipano (azul). Legenda: CE Domínio Ceará, MCD Domínio Médio Coreaú, Domínio Pernambuco-Alagoas Domínio Pernambuco-Alagoas, RGND Domínio Rio Grande do Norte (SJC núcleo Arqueano São José do Campestre Archaeian nucleus, SFB Faixa Seridó), RPD Domínio Riacho do Pontal, SD Faixa Sergipana (M Macururé, C Canindé, MPR Marancó-Poço Redondo, VB Vaza Barris, E Estância); SFC Cráton São Francisco, SLC Cráton São Luís, DZT Domínio Zona Transversal (APT Terreno Alto Pajeú, AMT Terreno Alto Moxoto, PABT Terreno Piancó Alto Brígida, CV Orógeno Cariris Velhos, RCT Terreno Rio Capibaribe, SJCT Terreno São José do Caino). Falhas e zonas de cisalhamento: PaSZ Zona de Cisalhamento Patos, PeSZ Zona de Cisalhamento Pernambuco, SMASZ Zona de Cisalhamento São Miguel do Aleixo.

O Sistema Orogênico Sergipano, de idade neoproterozóica, é o principal embasamento da Sub-Bacia de Sergipe. Ela é representada por uma faixa triangular de direção E-SE a W-NW formada pela colagem de cinco domínios litoestratigráficos distintos separados por zonas de cisalhamento transcorrentes: Estância, Vaza-Barris, Macururé, Poço Redondo-Marancó e Canindé (Sial *et al.* 2010). O grau de metamorfismo e deformação desses domínios aumenta de sul para norte, variando de anquimetamorfismo (Domínio Estância) a granulito (Poço Redondo-Marancó e Canindé) passando por xisto-verde (Vaza-Barris) e anfíbolito (Macururé).

O embasamento da Sub-Bacia de Alagoas é composto quase que totalmente pelo Domínio Pernambuco-Alagoas, um dos principais terrenos da Província Borborema. Esse domínio está localizado entre a Zona de Cisalhamento Pernambuco e os terrenos neoproterozóicos Sergipano e Riacho do Pontal, dividindo-se em parte leste e oeste, separadas pela Bacia de Jatobá (Silva Filho *et al.* 2008). A porção leste representa cerca de 75% do complexo, sendo a região com ocorrência dos maiores batólitos graníticos da Província Borborema (Silva Filho *et al.* 2014). Em grande escala, o Domínio Pernambuco-Alagoas está subdividido em dois complexos (i) Cabrobró, formado por rochas supracrustais e (ii) Belém do São Francisco, rochas ortoderivadas migmatizadas (Silva Filho *et al.* 2008).

Silva Filho *et al.* (2002) classificaram o Domínio Pernambuco-Alagoas em cinco batólitos principais: Garanhuns, Ipojuca-Atalaia, Correntes-Marimbondo, Águas Belas-Canindé e Buique-Paulo Afonso, como também pelos complexos Cabrobró e Belém do São Francisco. A partir dessa classificação os autores dividiram o Domínio Pernambuco-Alagoas em dois subdomínios: (i) Garanhuns, que inclui os batólitos Garanhuns, Ipojuca-Atalaia e parte dos complexos Cabrobró e Belém do São Francisco. Apresenta idades Sm-Nd T_{DM} entre 1,9 a 2,6 Ga, estando sobre crosta paleoproterozóica não tendo adições crustais meso- ou neoproterozóicas significativas; (ii) Água Branca, compreendendo os batólitos Águas-Belas-Canindé, Buique-Paulo Afonso e Marimbondo-Correntes, além dos complexos Cabrobró e Belém do São Francisco. Essas rochas apresentam idades T_{DM} de 0,9 a 2,10 Ga, a maioria entre 1,0 e 1,5 Ga, exibindo expressiva contribuição crustal do meso- e neoproterozóico. Silva Filho *et al.* (2014) redefiniu o sub-domínio Água Branca nos sub-domínios Água-Branca e Palmares.

II.3 BACIA DE SERGIPE-ALAGOAS

II.3.1 Arcabouço Estratigráfico

A Bacia Sergipe-Alagoas é a bacia marginal brasileira que apresenta o registro sedimentar mais completo, estando registrado todos os estágios evolutivos da ruptura do Pangea e surgimento do oceano Atlântico: Sinéclese Paleozóica, Pré-Rifte, Rifte, Transicional e Drifte, sendo essa a classificação aceita pela maioria dos autores (Feijó 1994; Mohriak *et al.* 1997; Souza-Lima *et al.* 2002; Cruz 2008), enquanto que Campos Neto *et al.* (2007) classificam os estágios evolutivos da Bacia Sergipe-Alagoas em Sinéclise, Pré-Rifte, Rifte, Pós-Rifte e Drifte. Neste trabalho será utilizada a primeira classificação, com contribuições da classificação de Campos Neto *et al.* (2007) por se tratar da mais recente revisão da Carta Estratigráfica da Bacia Sergipe-Alagoas publicada (Figs 5 e 6).

Segundo Cruz (2008), as colunas estratigráficas da Bacia Sergipe-Alagoas apresentam peculiaridades principalmente em função do arcabouço tectono-estratigráfico e do diacronismo dos eventos de sedimentação ocorridos ao longo de sua história evolutiva sendo, por isso, subdividida nas sub-bacias Sergipe e Alagoas.

Sinéclise Paleozóica

A deposição intracratônica da Bacia Sergipe-Alagoas é de idade paleozóica e está representada pela deposição da Formação Karapotó (Souza-Lima 2006) e do Grupo Igreja Nova, que compreende as formações Batinga e Aracaré. A Formação Karapotó apresenta o registro deposicional mais antigo da Bacia Sergipe-Alagoas, caracterizado por conglomerados e arenitos de idade provável siluro-devoniana (Souza-Lima 2006, Souza-Lima *et al.* 2012). A deposição do Grupo Igreja nova iniciou-se no Neocarbonífero, depositando-se em ambiente glacial com influência fluvial e marinha a Formação Batinga (Bender 1957 *apud* Souza-Lima 2002). A discordância permiana/carbonífera marca um novo período de subsidência intracratônica (Mohriak *et al.* 2007) com registro da deposição da Formação Aracaré (Perrella *et al.* 1963 *apud* Souza Lima 2002), em ambientes desértico, litorâneo e deltaico, com a influência de retrabalhamentos eólico e de ondas (Campos Neto *et al.* 2007).

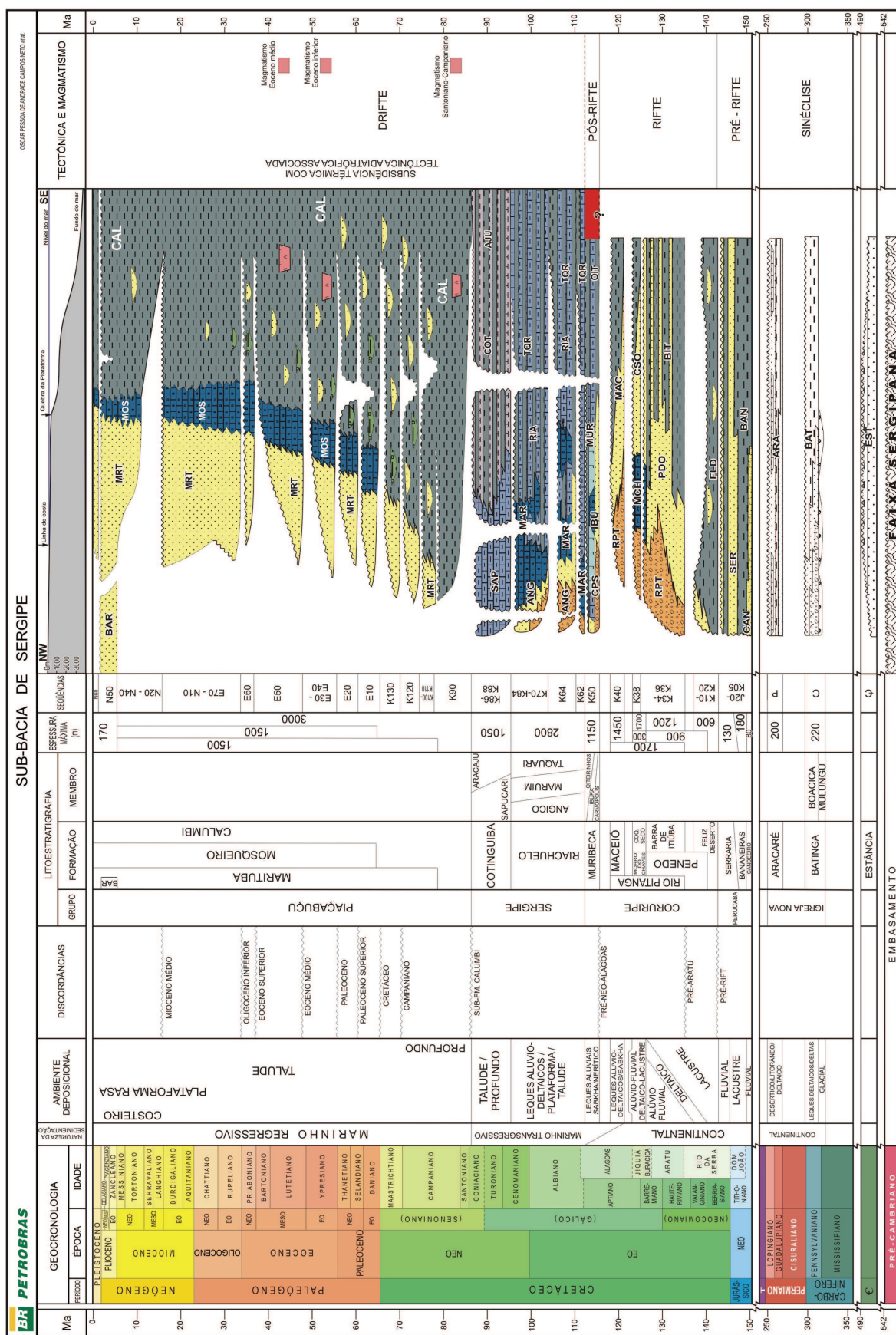


Figura 5: Carta estratigráfica da sub-bacia de Sergipe conforme Campos Neto *et al.* 2007.

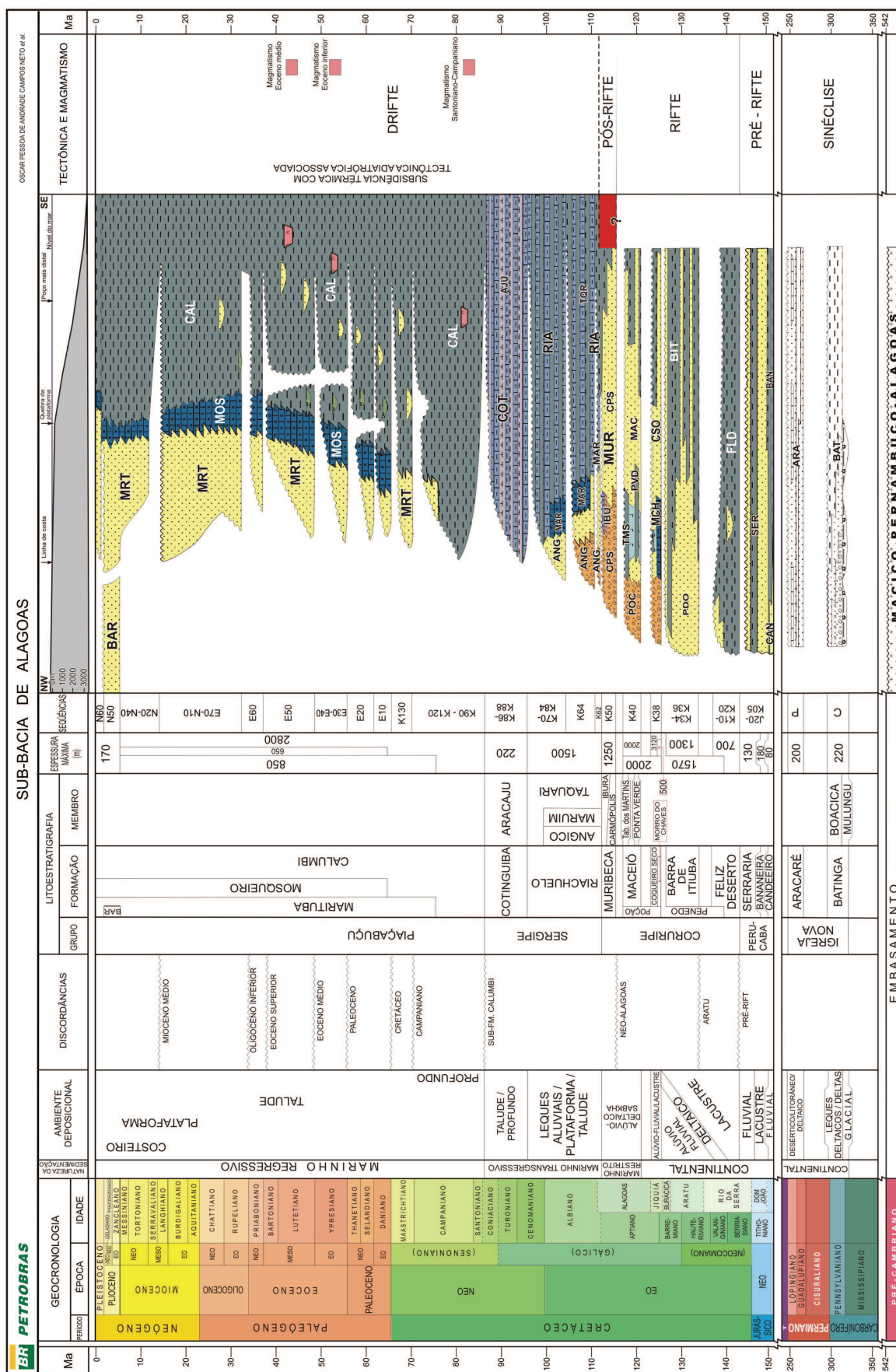


Figura 6: Carta estratigráfica da sub-bacia de Alagoas conforme Campos Neto *et al.* 2007.

Estágio Pré-Rifte

Inicia-se com um pulso de soerguimento e a instalação da Depressão Afro-Brasileira (Campos Neto *et al.* 2007). Nela depositaram-se as unidades do Grupo Perucaba, em ambiente lacustre, de idade juro-cretácea (cronocorrelatas ao estágio local Dom João): a Formação Bananeiras (Perrella *et al.* 1963 *apud* Schaller 1969) representada pela deposição lacustre de folhelhos, argilitos e siltitos avermelhados; e seu equivalente temporal de ambiente fluvial, a Formação Candeeiro (Schaller 1969). Posteriormente, do final do Andar Dom João ao início do Andar Rio da Serra depositou-se a Formação Serraria (Perrella *et al.* 1963 *apud* Schaller 1969), em um sistema fluvial entrelaçado com retrabalhamento eólico.

Estágio Rifte

A subsidência mecânica marcou o início do Rifte, caracterizado por condições tectônicas instáveis com brusca variação lateral e vertical de fácies (Lana 1990). Nesse estágio foram depositados os sedimentos do Grupo Coruripe. No Andar Rio da Serra o estiramento inicial do rifte possibilitou a instalação do sistema lacustre-deltaico da Formação Feliz Deserto (Perrella *et al.* 1963 *apud* Shaller 1969) simultaneamente ao sistema fluvio-deltaico da Formação Penedo (Kreidler e Andery 1949 *apud* Schaller 1969). O primeiro pulso tectônico do Rifte marca o início de uma nova sequência que abrange os andares Aratu, Buracica e Eojiquiá. Nela foram depositados os sedimentos lacustres da Formação Barra de Itiúba (Kreidler & Andery 1949 *apud* Shaller 1969), interdigitado com a Formação Penedo. A partir da idade Eojiquiá os sedimentos alúvio-fluviais das formações Rio Pitanga (Schaller 1969), conglomerados de borda da bacia, e Penedo passaram a adentrar no lago Barra de Itiúba (Campos Neto *et al.* 2007). Nas porções rasas da Sub-bacia de Sergipe, durante os períodos de baixo aporte sedimentar, foi depositada a Formação Morro do Chaves (Hartt 1870 *apud* Schaller 1969), composta por coquinas de bivalves e ostracodes não marinhos.

De acordo com Campos Neto *et al.* (2007), o segundo pulso de rifteamento de idade Eoalagoas foi bastante intenso, delineando a linha de charneira. A porção emersa sergipana e parte da porção terrestre alagoana foram soerguidas, restringindo a sedimentação ao bloco baixo da charneira e ao nordeste de Alagoas. Nesses baixos continuou a sedimentação das formações Morro do Chaves e Rio Pitanga (Sub-Bacia de Sergipe), e na Sub-Bacia de Alagoas instalou-se o sistema alúvio-deltáico e lacustre da Formação Coqueiro Seco (Schaller 1969), depositado concomitantemente aos conglomerados de borda da Formação Poção (Figueiredo 1978 *apud* Souza-Lima *et al.* 2002). No final dessa sequência, o tectonismo intenso restringiu a sedimentação ao norte de Alagoas (Campos Neto *et al.* 2007) onde se instalou a sedimentação da Formação Maceió (Petrobras 1960 *apud* Souza-Lima *et al.* 2002), representada por leques aluviais e sistemas turbidíticos lacustres de idade meso a neoaptiana em Sergipe e mesoaptiana e neoalbiana em Alagoas, encerrando a deposição do estágio Rife (Cruz 2008).

Estágio Transicional ou Pós-Rife

O Estágio Transicional é caracterizado por uma diferença no padrão de sedimentação das duas sub-bacias. Segundo Ojeda & Fugita (1974), na Sub-Bacia de Alagoas continuava o basculamento da bacia para oeste e a sedimentação ocorria em regime sintectônico, enquanto que na Sub-Bacia de Sergipe ocorreu um grande período erosivo (Discordância Pré-Neo-Alagoas, *in* Campos Neto *et al.* 2007) devido à sua estabilidade tectônica. Nessa época ocorreu a primeira grande incursão marinha, de idade Neo-Alagoas (Campos Neto *et al.* 2007), com a deposição da Formação Muribeca (Bender 1957 *apud* Souza-Lima *et al.* 2002), também inserida no contexto do Grupo Coruripe, subdividida em três membros: Carmópolis (conglomerados de leques aluviais, arenitos fluviais e sedimentos deltaicos); Ibura (sequência evaporítica com intercalações de halita, silvinita e carnalita) e Oiteirinhos (folhelhos intercalados com calcilutitos).

Estágio Drifte

Consoante a Cruz (2008), esse estágio inclui todos os pacotes sedimentares que foram depositados devido à subsidência termal e sobrecarga sedimentar em uma bacia tectonicamente mais estável. Na maior parte da margem atlântica, o início desse estágio coincide com o início do Albiano, quando começou o desenvolvimento das plataformas continentais (Cruz, 2008). O Drifte caracteriza a deposição marinha franca dos grupos Sergipe e Piaçabuçu, que mostram a passagem de um ambiente marinho raso com depósitos carbonáticos (Grupo Sergipe) para uma deposição siliciclástica (Grupo Piaçabuçu).

Durante o Albo-Santoniano ocorreu a deposição do Grupo Sergipe, constituído pelas formações Riachuelo e Cotinguiba. A Formação Riachuelo (Campbell, 1946 *apud* Souza-Lima *et al.* 2002) caracteriza a primeira deposição marinha franca e está representada pela deposição siliciclástica grossa do Membro Angico (conglomerados de borda) que grada para uma rampa carbonática oolítica e oncolítica, Membro Maruim, e para calcilutitos e folhelhos de plataforma e talude, Membro Taquari. A deposição da Formação Cotinguiba (Schaller 1969) ocorreu durante um grande evento transgressivo de idade neocenomoniana a coniaciana (Campos Neto *et al.* 2007), sendo representada por argilitos folhelhos e margas do Membro Aracaju e calcilutitos e brechas carbonáticas do Membro Sapucari.

No final do Coniaciano houve um rebaixamento do nível do mar, levando a erosão de parte das sequências subjacentes, sendo esse evento chamado de discordância Sub-Formação Calumbi (Campos Neto *et al.* 2007). Acima dessa discordância foram depositados os sedimentos do Grupo Piaçabuçu, que engloba as formações Calumbi, Marituba e Mosqueiro. A deposição da Formação Calumbi (Campbell 1946 *apud* Souza Lima *et al.* 2002) marca a mudança de sedimentação eminentemente carbonática para siliciclástica, representada predominantemente por folhelhos de plataforma e talude intercalados com arenitos. Nas regiões mais proximais a sedimentação era caracterizada por areias costeiras e plataformais da Formação Marituba (Schaller 1969). No início do Paleoceno a sedimentação continuou progradacional, porém com acúmulo de calcarenitos bioclásticos da Formação Mosqueiro (Feijó 1994) na borda da plataforma siliciclástica da Formação

Marituba (Campos Neto *et al.* 2007). No Plioceno um evento regressivo proporcionou a deposição dos sedimentos costeiros da Formação Barreiras na porção terrestre da bacia, posteriormente durante o Pleistoceno e Holoceno foram depositados os sedimentos da planície costeira atual (Campos Neto *et al.* 2007).

II.3.2 Arcabouço Tectono-Estrutural

De maneira geral a Bacia Sergipe-Alagoas pode ser individualizada em um meio-*graben* com mergulho para sudeste (Ojeda & Fugita 1974). Seu arcabouço estrutural é bastante complexo, e foi estruturado a partir do seu estágio Rifte (Falkenhein 1986). O mapa da figura 7 mostra a compartimentação estrutural da Bacia Sergipe-Alagoas. Conforme Lana (1990), a abertura do Atlântico Sul foi influenciada por linhas de fraquezas pré-existentes no embasamento levando à repetição dessas tendências estruturais dentro das bacias marginais brasileiras e, conforme Ojeda e Fugita (1974), o arcabouço estrutural da bacia foi formado através de falhamentos, basculamentos e, secundariamente, movimentação halocinética de baixo grau evolutivo. Falkenhein (1986) e Ojeda & Fugita (1974) afirmam que existem quatro direções de falhamentos na Bacia Sergipe-Alagoas:

- NE-SW: Direção predominante N45°E, está associada a conglomerados de borda sintectônicos e constitui o limite atual da Bacia Sergipe-Alagoas na borda noroeste, reflete a direção de falhas e descontinuidades presentes no Domínio Pernambuco-Alagoas.
- N-S: Falhas em sua maioria com grande rejeito e bloco rebaixado para leste, podendo haver conglomerados sintectônicos nos blocos rebaixados. Estas falhas afetam os estratos dos grupos Igreja Nova e Coruripe, na Sub-Bacia de Sergipe e as litologias da Formação Maceió, na Sub-Bacia de Alagoas. É uma direção muito frequente na bacia, aparentemente sem ligação com estruturas pré-existentes no embasamento.

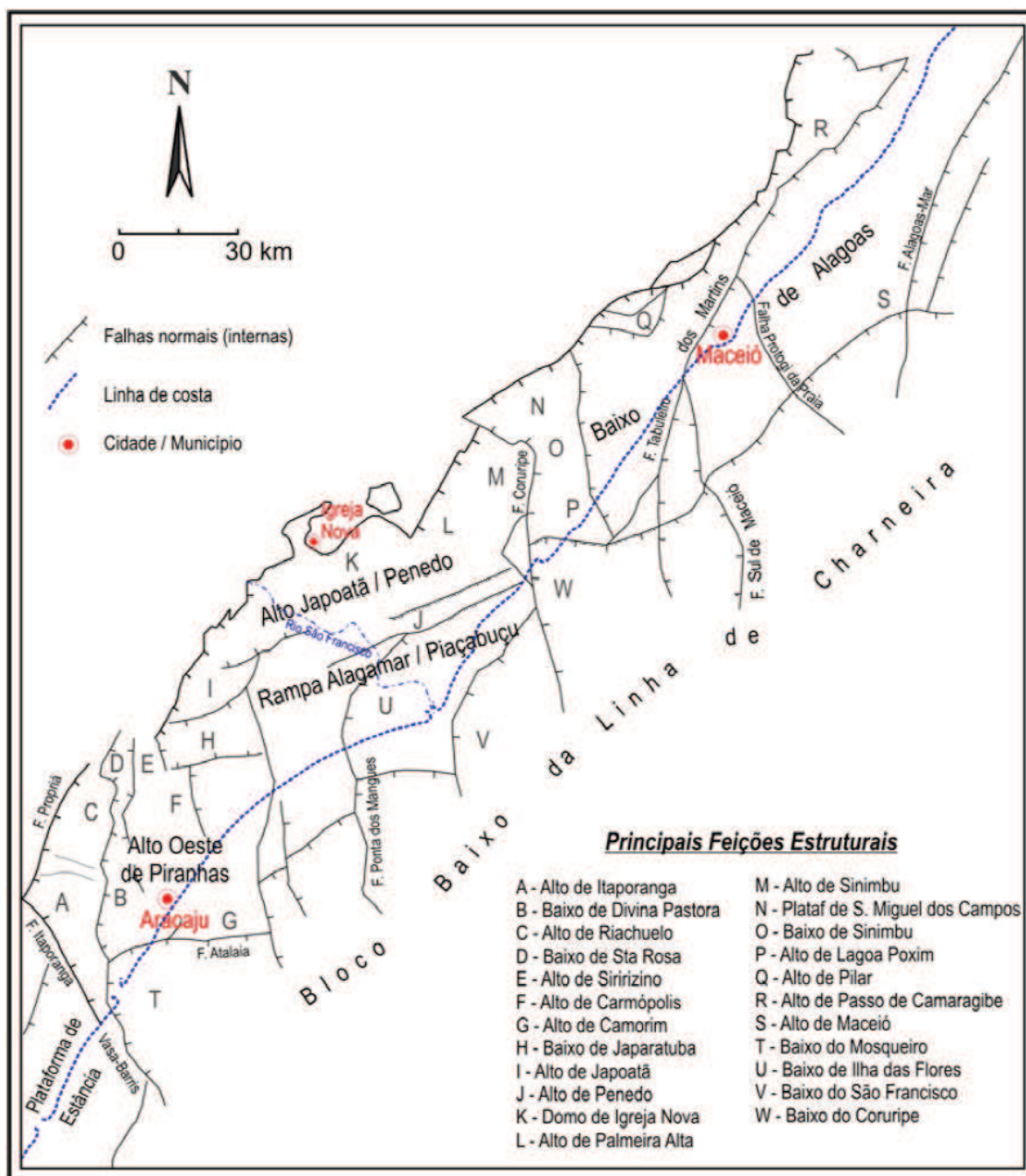


Figura 7: Mapa com os principais compartimentos estruturais da Bacia de Sergipe-Alagoas. (modificado de Lana 1985 e Falkenhein *et al.* 1986 *in* Cruz 2008).

- E-W: Essa direção é representativa de importantes falhas da bacia, corresponde à direção das falhas de empurrão presentes no Sistema Orogênico Sergipano, estão restrita à Sub-Bacia de Sergipe.
- NW-SE: Representa grandes falhas de transferência dentro da bacia, correspondendo a direção da trama presente nas rochas metassedimentares e nas grandes falhas transcorrentes de amalgamação do SOS, estando ausente na Sub-Bacia de Alagoas.

O modelo evolutivo da Bacia Sergipe-Alagoas, segundo Lana (1990), exibido na figura 8, sintetiza que a abertura do rifte ocorreu devido a uma ruptura continental de direção SW para NE, que sofreu variações ao longo do tempo e também em diferentes regiões da bacia. Inicialmente a separação continental foi condicionada devido a esforços transtensionais entre a Microplaca Sergipana e o continente Africano. A componente distensional, por sua vez, tornou-se mais importante com aumento do rifteamento, principalmente a partir do estágio Jiquiá/Alagoas. A diferença na composição do embasamento levou a uma evolução distinta para as duas sub-bacias. Na porção sergipana da bacia a evolução levou ao surgimento de espessos pacotes sedimentares depositados em meio-*grabens* de orientação NS. Já a porção alagoana, por ter um embasamento granítico-gnáissico mais rígido, teve a sua evolução condicionada à existência duas ou mais bacias de *pull-apart* limitadas por falhas de borda.

Em acordo com o mesmo autor, esse tectonismo também gerou regiões de compressão por diferentes mecanismos: deslocamentos de falhas transcorrentes, convergência de falhas, reativação de estruturas do embasamento ou migração do maior deslocamento horizontal de uma falha para outra. Essas deformações são representadas pela existência de domos, plataformas e anticlinais na bacia. A existência de grandes discordâncias cada vez mais novas de SW para NE podem estar relacionadas aos eventos finais do rifteamento. As grandes taxas de subsidência combinadas com falhamentos normais de grande rejeito vertical caracterizam a natureza distensional desses regimes de esforços que levaram à completa ruptura continental e ascensão da crosta oceânica.

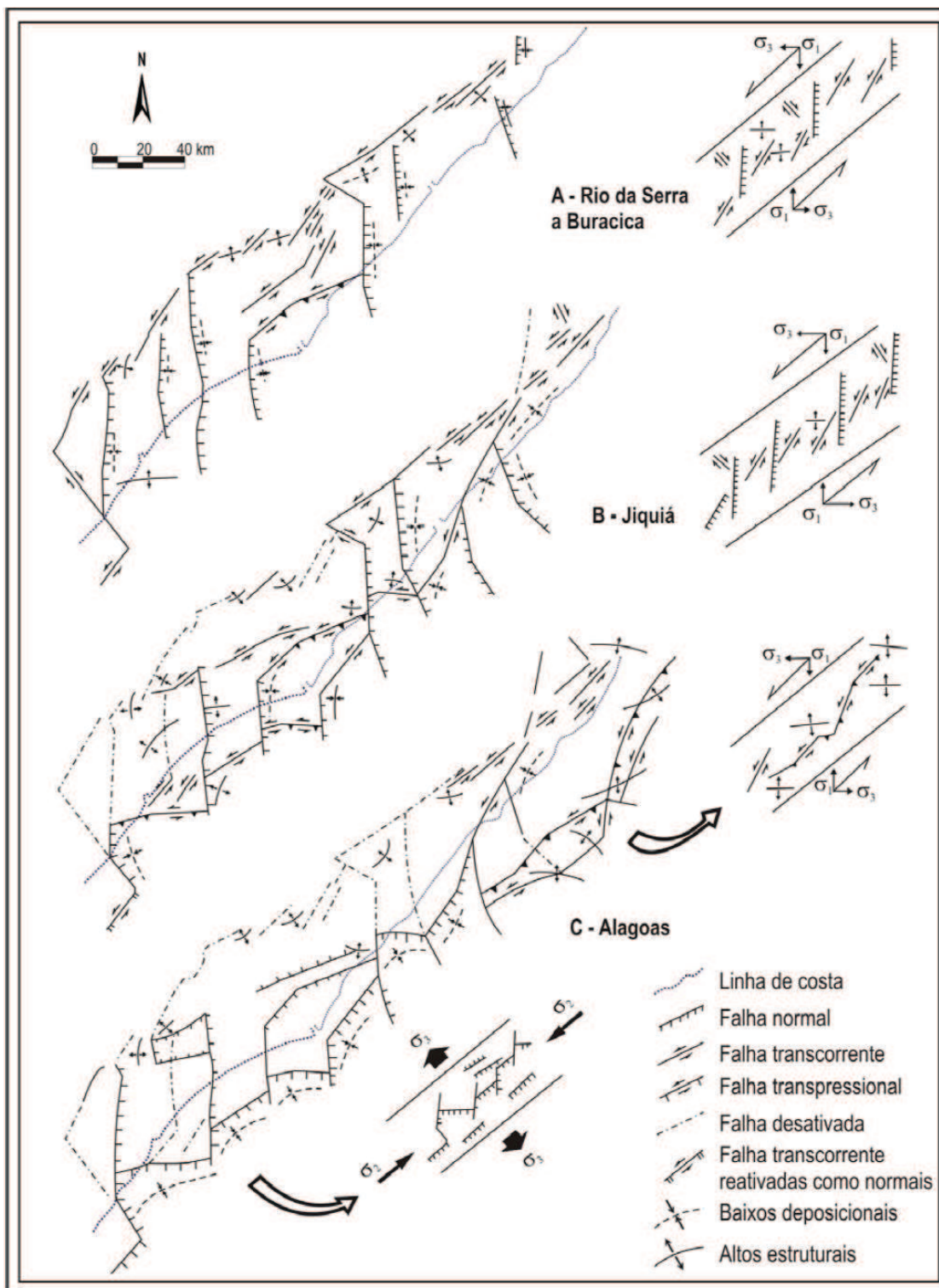


Figura 8: Modelo de Lana (1990) para a evolução estrutural da Bacia de Sergipe-Alagoas. (Extraído de Cruz 2008).

II.3.3 Sedimentação Aptiana

Os afloramentos estudados nessa dissertação são descritos na literatura como pertencentes à Formação Maceió (Arienti 1996; Siqueira 2002; Lira 2004; Nascimento & Lima Filho 2005; Arienti 2006). Essa formação apresenta uma espessura em subsuperfície que varia de poucos metros a 3000 metros, podendo chegar até de 5000 metros (Abreu & Potter 1990) e, segundo a revisão mais recente da Carta Estratigráfica da Bacia de Sergipe-Alagoas (Campos Neto *et al.* 2007) a espessura máxima atingida é de 1450 metros, sendo essa formação composta por arenitos, folhelhos, evaporitos e calcilutitos depositados no Eoaptiano (Eoalagoas).

As primeiras referências à Formação Maceió estão no Estudo da Bacia da Petrobras de 1960 (*apud* Schaller 1969), sendo incluída como membro da Formação Muribeca. Schaller (1969) descreveu a Formação Muribeca como intercalações de folhelhos betuminosos, calcários laminados, evaporitos, arenitos e conglomerados, dividida em cinco membros, dentre os quais o Membro Maceió era descrito como intercalações de arenito cinza claro e castanho, fino a grosseiro, calcífero, feldspático e folhelho betuminoso castanho com interlaminações de calcário dolomítico castanho. Ainda nesse membro também foram descritas camadas de sal-gema denominadas informalmente de Evaporitos Paripueira.

Falkenhein *et al.* (1986) descreveram, os litotipos da Formação Macei, até então membro, como pertencente à Sequência Depositional IV, posicionando seus sedimentos nos andares Alagoas Inferior e Superior, separados pela palinozona P-270. Abreu & Potter (1990) fizeram o estudo petrográfico em mais de 30 poços da unidade e encontraram uma média composicional de 52% de arenitos e conglomerados, 40% de folhelhos, 6% de calcários e 2% de evaporitos. Quanto aos arenitos a composição média foi de 80% arcósicos, 16% subarcósicos e 4% líticos e sublíticos. A composição mineralógica encontrada foi 57% de quartzo, 30% de feldspato e 13% de fragmentos de rocha. Essas litologias foram separadas em sete ambientes deposicionais distintos pelos autores, que também enfatizaram a mudança de fácies deposicionais entre a sequência eoalagoas (continental) e neoalagoas (essencialmente marinha), conforme visto na Tab. 1.

Feijó (1994) promoveu o então Membro Maceió para o status de Formação, descrevendo-a como intercalações de arcócio fino a grosso cinza-claro e castanho, folhelho betuminoso castanho com interlaminações de anidrita e dolomita, e camadas de halita informalmente denominadas de Evaporitos Paripueira, estando distribuída por quase toda Bacia de Alagoas e pelo bloco baixo da linha de charneira Alagoas na Bacia de Sergipe. O autor interpretou os litotipos como uma deposição de leques aluviais sintectônicos, inicialmente continentais e caracterizando um ambiente marinho no final do Aptiano, com sedimentação de idade Mesoaptiana a Eoalbiana. Para Souza-Lima *et al.* (2002) a Formação Maceió seria em parte contemporânea à Formação Muribeca, ocorrendo principalmente na Bacia de Alagoas, consistindo em conglomerados e arenitos de granulação grossa a fina, com pequenas intercalações de folhelhos, com presença de evaporitos em sua base, Evaporitos Paripueira, com idade também Mesoaptiana a Eoalbiana.

Arienti (1996; 2006) indica uma forte influência do clima na deposição dos sedimentos da Formação Maceió identificando uma alternância entre um ciclo seco (trato de sistema de mar baixo), um ciclo úmido (trato de sistema transgressivo) e um ciclo úmido tardio (trato de sistema de mar alto). Segundo a autora no ciclo seco houve intensa evaporação com exposição da bacia resultando na formação de gretas de contração e da camada de evaporitos (Evaporitos Paripueira). Quando o clima se tornou úmido houve um afogamento na bacia ocasionando uma sedimentação em leques deltaicos de direção principal NW-SE e alimentação secundária NE-SW, em alguns casos adentrando porções mais profundas como fluxos hiperpicnais, sendo comum a presença de matéria orgânica continental e carvão mineral. Já no ciclo tardio a sedimentação por leques deltaicos tornou-se menos expressiva e foi instalada uma plataforma mista com deposição de bancos calcários e calcários de planície de maré.

Tabela 1: Fácies sedimentares da Formação Maceió segundo Abreu & Potter (1990).

Ambientes e Características	Abundância e Distribuição	
	Alagoas Inferior	Alagoas Superior
Leque deltaico: conglomerados polimíticos com fragmentos de granitos, gnaisses e calcários depositados em leques. Espessuras de até 40 m.	Abundante e próximo à falha principal (charneira).	
Fluvio-Deltaico-Eólico: arenitos pobremente selecionados com estratificações cruzadas acanaladas e sigmoidais. Arenitos com lâminas individualmente bem selecionadas. Espessuras variam de poucos metros a 90 m.	Abundante no Maceió raso.	Ausente.
Lacustre/Marinho: folhelhos escuros laminados, intercalados com siltitos com microestratificações cruzadas, contendo ostracodes e pólenes. Espessuras variam de centímetros a 10 m.	Abundante e amplamente distribuído.	
Plataforma: calcários bioclásticos com oncóides e areias terrígenas. Camadas delgadas.	Ausente.	Abundante no Baixo de Coruripe.
Turbiditos e Talude: arenitos com ciclos de Bouma, marcas de sola, estruturas de prato e pilares e intraclastos de calcários. <i>Sets</i> de poucos centímetros a dois metros. Dez metros quando amalgamados.	Abundante e amplamente distribuído.	Abundante principalmente no Baixo de Coruripe.
Evaporitos: halita principalmente com diápiros e delgadas camadas de anidrita. Espessuras de várias centenas de metros em diápiros.	Halita comum, anidrita rara.	Anidrita comum, halita rara.
Brechas: fragmentos de folhelhos, siltitos, arenitos muito finos e laminitos. Espessuras de poucos metros.	Comum próximo à falha principal.	Comum (?).

CAPÍTULO III

RESULTADOS E DISCUSSÕES

III.1 INTRODUÇÃO

Esse capítulo traz os resultados e discussões da dissertação. Inicialmente será explanada de forma sucinta o contexto deposicional e a estratigrafia dos afloramentos estudados, juntamente com a interpretação do ambiente deposicional. Seguindo o raciocínio serão exibidos os resultados das análises de palinomorfos e as descrições de lâminas petrográficas. Após o estudo petrográfico serão expostos os resultados das análises de geoquímica de rocha total, finalizando por fim com os dados geogronológicos obtidos através de datação U-Pb em zircão por LA-ICP-MS.

III.2 ANÁLISE DE FÁCIES

Os afloramentos estudados nessa dissertação são considerados na literatura representantes clássicos da Formação Maceió e já foram alvos de diversas pesquisas com enfoque faciológico e deposicional. Para melhor entendimento as fácies sedimentares presentes nos afloramentos, essas foram descritas divididas em dois grupos distintos de acordo com suas semelhanças litológicas e características deposicionais. O primeiro grupo pertencente aos afloramentos Praia de Japaratinga e Barreiras do Boqueirão, e no segundo as fácies são representantes do afloramento Morro de Camaragibe. A caracterização das fácies e suas associações foi primordial para o entendimento dos ambientes deposicionais e assim direcionar a coleta das amostras para o estudo de proveniência.

III.2.1 Fácies dos Afloramentos Praia de Japaratinga e Barreiras do Boqueirão

Para os afloramentos das praias de Japaratinga e Barreiras do Boqueirão, foram identificadas dez fácies principais descritas a seguir:

Fácies Argilito-Siltito Rico em Conchostráceos (ASltCh)

Representada por argilitos a siltitos esverdeados ricos em conchostráceos e fragmentos escuros de matéria orgânica (Figs. 9A e 9C). Essa fácies pode ser observada na base do afloramento de Praia de Japaratinga, em uma camada com espessura irregular podendo alcançar cerca de 60 cm, e continuidade lateral ao longo do afloramento. O contato com a fácies superior é abrupto reto e por vezes, erosivo.

Fácies Arenito Grosso com Estratificação em Baixo Ângulo (ArnGr bxa)

Caracterizada por arenito médio a grosso, cinza claro, moderadamente mal selecionado, vários grânulos e seixos marcando a estratificação oblíqua em baixo ângulo, com base planar a erosiva, por vezes contendo intraclastos da fácies de siltito com conchostráceos (Figs. 9B e 9C). A continuidade vertical é inferior a 40 cm e a continuidade lateral inferior a três metros, em parte tendo o topo erodido pela fácies de arenito conglomerático com estratificação oblíqua sigmoidal.

Fácies Arenito Conglomerático Sigmoidal (ArnCgl sig)

Caracterizada por arenito conglomerático cinza claro esverdeado, mal selecionado, variando entre média a muito grossa, com seixos e matacões bem arredondados de granitoides e clastos achatados de folhelhos esverdeados dispersos ou ligeiramente orientados no sentido da estratificação (Figs. 9B e 9C). É formada por corpos amalgamados onde são observadas estratificações sigmoidais de pequeno porte que gradam lateralmente para estratificações oblíquas de baixo ângulo. A direção de paleocorrente é predominante para SW (Arienti 1996). Apresenta boa continuidade lateral ao longo de todo o afloramento de Praia de Japaratinga, podendo chegar a cerca de dois metros de altura, apresentando contatos inferior e superior abrupto/erosivo.

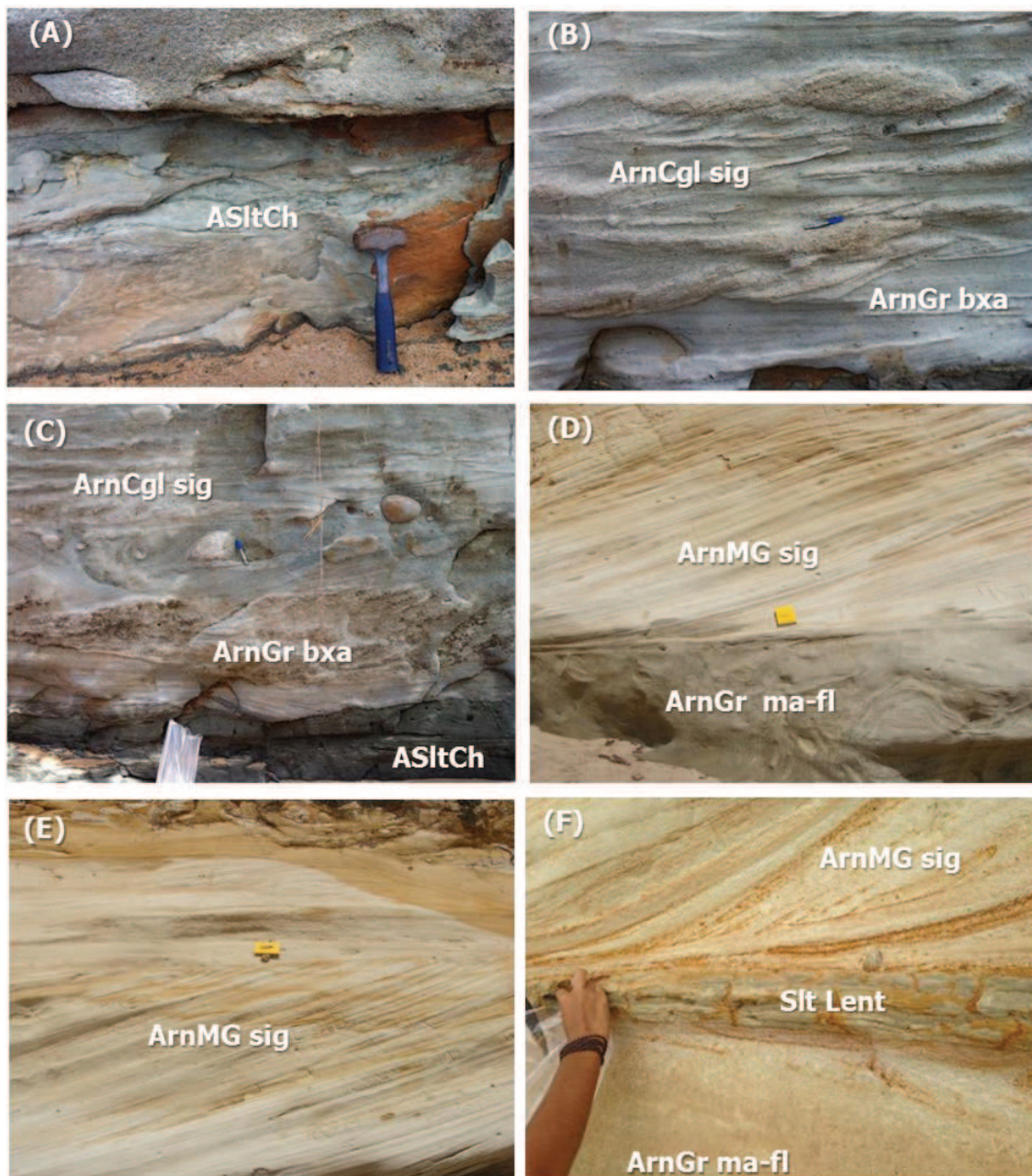


Figura 9: (A) Siltito rico em conchostráceos da Fácies ASltCh. (B) Arenito grosso cinza claro da fácies ArnGro com baixo ângulo com topo erodido pelo arenito muito grosso da Fácies ArnCgl com sigmoide. (C) Fácies ArnCgl com cruzadas sigmóidais com blocos de granito e contato basal erosivo sobre siltitos esverdeados na base da exposição. (D) Fácies ArnMG sig em contato basal com Fácies ArnGro ma-fl. (E) Arenito médio a grosso da Fácies ArnMG sig com o topo da forma de leito sendo erodido por arenitos da fácies ArnGgl sig. (F) Siltito esverdeado lenticular (Slt Lent) preservado na base da grande forma de leito sigmoidal (ArnMG sig) e recobrindo o arenito maciço da Fácies ArnGro ma-fl. Fotografias A, B e C, afloramento Praia de Japaratina; D, E e F, Barreiras do Boqueirão.

Fácies Arenito Médio a Grosso com Estratificação Sigmoidal de grande porte (ArnMG sig)

Fácies restrita ao afloramento Barreiras do Boqueirão formada por arenito médio a grosso de cor creme avermelhado com estratificação cruzada sigmoidal de grande porte, podendo ser observados raros seixos de granitoides bem arredondados na parte basal da grande sigmoide (Figs 9D, 9E e 9F). Internamente a sigmoide, os estratos são marcados por gradação normal, variando de grânulo a areia média, com alguns intraclastos milimétricos seguindo o mergulho da estratificação. A paleocorrente indica transporte para SW. Na parte mais a norte do afloramento a estratificação sigmoidal encontra-se parcialmente fluidizada. A grande sigmoide possui cerca de dois metros de altura, e seu contato basal é sutilmente erosivo, sobre uma lente inferior a 10 cm de argilito siltoso esverdeado. Para o topo a grande forma de leito é truncada por arenitos da fácies ArnGro ma-fl.

Fácies Siltito Lenticular (Slt lent)

Siltito esverdeado rico em matéria orgânica apresentando-se como corpos lenticulares com cerca de 10 cm de espessura máxima (Fig. 9E), aparecendo tanto no afloramento da Praia Barreiras do Boqueirão como na exposição da praia Morro de Camaragibe (equivalente à fácies Slt esv).

Fácies Arenito Grosso Maciço a Fluidizado (ArnGr ma-fl)

Fácies encontrada na base do afloramento de Barreiras do Boqueirão, caracterizada por um arenito grosso cinza esverdeado maciço intensamente fluidizado (Figs. 9D e 9F). Provavelmente é equivalente à fácies ArnCgl sig e/ou ArnGr bxa, o que não pode ser inferido com certeza devido à fluidização que obliterou as estruturas sedimentares.

Fácies Paraconglomerado Alaranjado (Pcgl1)

Paraconglomerado de matriz arenosa muito grossa com gradação normal para o topo, de cor alaranjada, maciço próximo à base, passando a uma insipiente estratificação oblíqua acanalada em direção ao topo. Apresenta blocos e seixos de folhelhos cinza esverdeados deformados e ocasionalmente seixos granitoides, dispostos de maneira caótica. O tamanho dos blocos de folhelho varia de cerca de um metro próximo a base a centimétricos para o topo. Essa fácies é observada no afloramento de Praia de Japaratinga exibindo uma feição canalizada de grande porte que corta de maneira abrupta e erosiva a Fácies ArnCgl sig. Essa feição canalizada apresenta um sentido de paleocorrente SE, oblíqua a ortogonal ao sentido de deposição das fácies inferiores. Uma amostra dessa fácies foi coletada para geocronologia (Figs 10A e 10B).

Fácies Arenito grosso a muito grosso canalizado (ArnGmG ma can)

Caracteriza-se por feições canalizadas semelhantes à Fácies Pcgl1 encontrada no afloramento Barreiras do Boqueirão. Apresenta-se como arenitos grossos a muito grossos de cor alaranjada contendo seixos de folhelhos, siltitos e granitóides dispersos (Figs 10C e 10D).

Fácies Arenito grosso a muito grosso (ArnGmG Δ ba)

Arenitos grossos a muito grossos com gradação normal e acamamento em baixo ângulo, que passam verticalmente para arenitos finos a muito finos com laminações cruzadas cavalgantes. Essa fácies pode ser observada no afloramento Barreiras do Boqueirão e está interdigitada e sotoposta à Fácies ArnGmG ma can (Figs 10C, 10E e 10F).

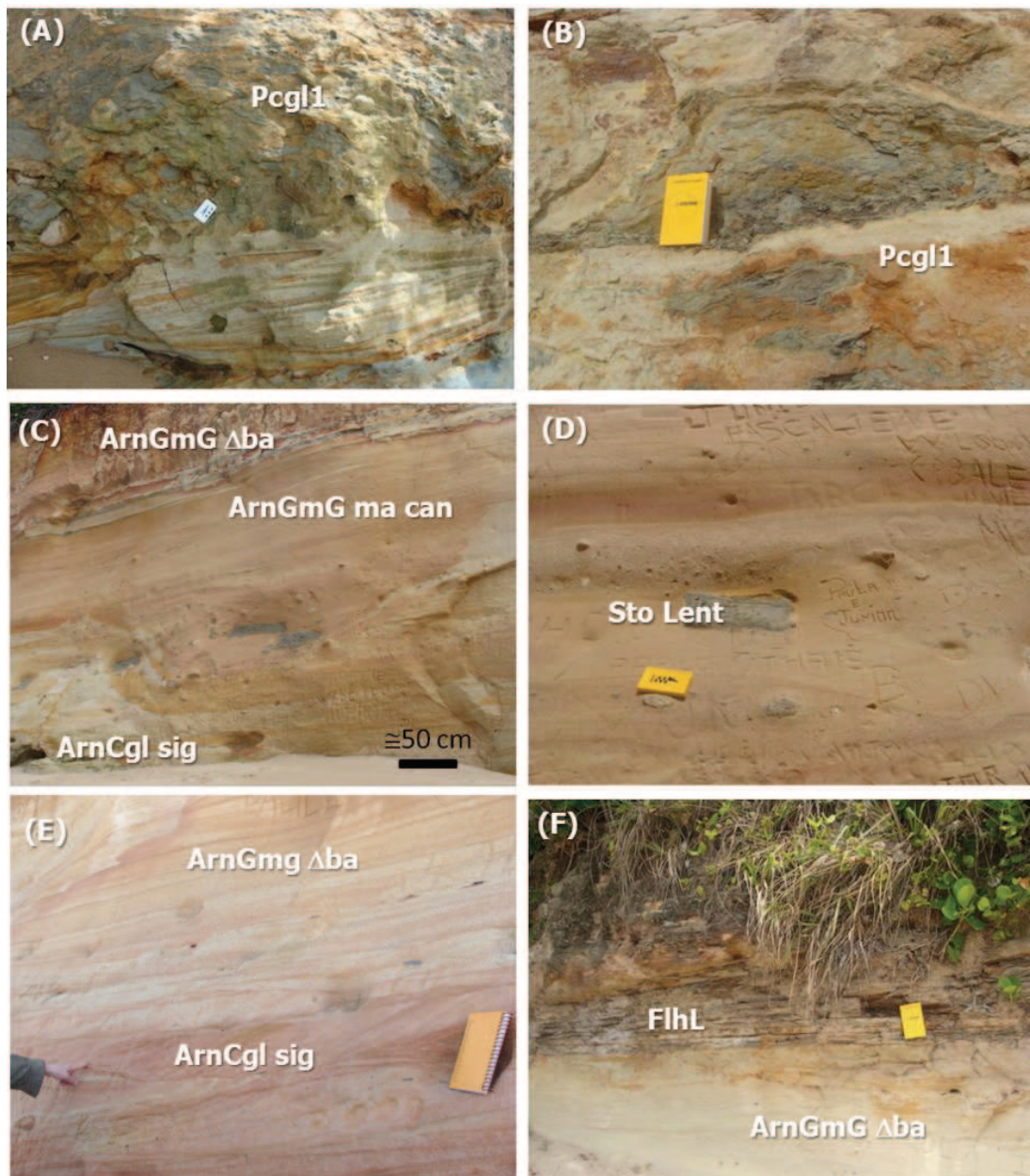


Figura 10: (A) Contato entre a Fácies ArnMG sig e a Fácies Paraconglomerado de matriz arenosa muito grossa com clastos e blocos de lamitos e seixos de granito (Japaratinga). (B) Bloco de lamito internamente a Fácies Paraconglomerado de matriz arenosa muito grossa (Japaratinga). (C) Feição canalizada com arenito grosso a muito grosso, contendo blocos de lamito, da fácies ArnGmG ma can erodido parte dos arenitos grossos a conglomeráticos com blocos de granito da fácies ArnCgl sig. Para o topo e lateralmente a feição canalizada observar arenitos grossos a muito grossos com graduação normal e acamamento em baixo ângulo, da fácies ArnGmG Δba. (D) Detalhe dos seixos de granito e blocos de siltitos dispersos na Fácies ArnGmG ma can interna ao canal (Barreiras do Boqueirão). (E) Detalhe da Fácies arenitos grossos a muito grossos (ArnGmG Δba) que sobrepõem a fácies com cruzadas de pequeno porte e cruzadas sigmoidal, lateralmente a geometria em canal. (F) Fácies Flh La recobrendo arenitos grossos a muito grossos (ArnGmG Δba) que sobrepõem a fácies canalizada (ArGMg ma can). Figuras A e B: Afloramento Praia de Japaratinga; figuras C, D, E e F: Barreiras do Boqueirão.

Fácies Folhelho Laminado (FlhL)

Folhelho escuro laminado rico em matéria orgânica, com fósseis de peixes ósseos (Fig. 10F). Apresenta boa fissilidade e encontra-se no topo do afloramento Barreiras do Boqueirão em uma camada de aproximadamente 50 cm de espessura.

III.2.2 fácies do Afloramento Morro de Camaragibe

O afloramento Morro de Camaragibe é descrito em sua maior parte como produto de deposição turbidítica de leques subaquosos que adentram um lago (Arienti, 1996). Por se tratar de uma parte distal do sistema deposicional, e por essa razão, diferentes daquelas presentes nos afloramentos Praia de Japaratinga e Barreiras do Boqueirão, serão descritas separadas em 3 setores: Setor 1 – parte norte; Setor 2 – parte central e Setor 3 – parte sul.

SETOR 1 – PARTE NORTE

Foi possível caracterizar cinco fácies bem distintas:

Fácies Interacamadado (Int)

Representada por um interacamadado localizado na base do afloramento. As lâminas são formadas por alternância de arenito fino com *ripples* e siltito argiloso cinza escuro de aspecto maciço a laminado e rico em matéria orgânica para o topo, com estruturas em chama. As *ripples* são em geral unidirecionais, para sudoeste, e por vezes oscilatórias, por vezes também estão com estrutural de sobrecarga, com colapso das cristas (Fig. 11A).

Fácies Arnenito Conglomerático Acamadado (ArnCgl acam)

Arenito grosso conglomerático mal selecionado com granulometria variando de areia média a muito grossa, com estrutura aparentemente maciça, mas acamadado e com porções gradacionais, por vezes exibindo estratificação tabular e passam a estratificação plano-paralela no topo. Em geral as estruturas primárias estão mascaradas por várias bandas de oxidação (Figs 11B e 11D).

Fácies Paraconglomerado Lenticular (Pcgl2)

Paraconglomerado de matriz arenosa média a grossa contendo clastos de folhelhos, siltitos creme, cinza claro esbranquiçados a levemente acastanhados, cinza escuro, bem como de arenitos. Essa fácies apresenta-se em feição lenticular canalizada no interior da fácies ArnCgl acam (Fig 11B).

Fácies Paraconglomerado Intradeformacional (Pcgl3)

Paraconglomerado de matriz arenosa média a grossa contendo clastos e blocos de lamitos aparentemente oriundos do rompimento de camadas de folhelhos, a partir de deformação intraestratal. Na base da camada é possível observar um plano de deslizamento, a partir do qual se desenvolve dobras centimétricas a decimétricas, aparentemente com um componente de vergência para SW (Fig. 11C).

Fácies Siltito Esverdeado Lenticular (Slt esv)

Siltito esverdeado rico em matéria orgânica apresentando-se como corpos lenticulares com cerca de 15 cm de espessura, aparecendo no início do setor norte, recobrendo arenitos grossos a conglomeráticos da fácies ArnCgl acam. Essa fácies também está presente nos afloramentos de Praia de Japaratinga e Barreiras do Boqueirão, onde também recobrem arenitos grossos a conglomeráticos estratificados. Nesta fácies houve coleta de amostra para análise palinológica (Fig 11D)

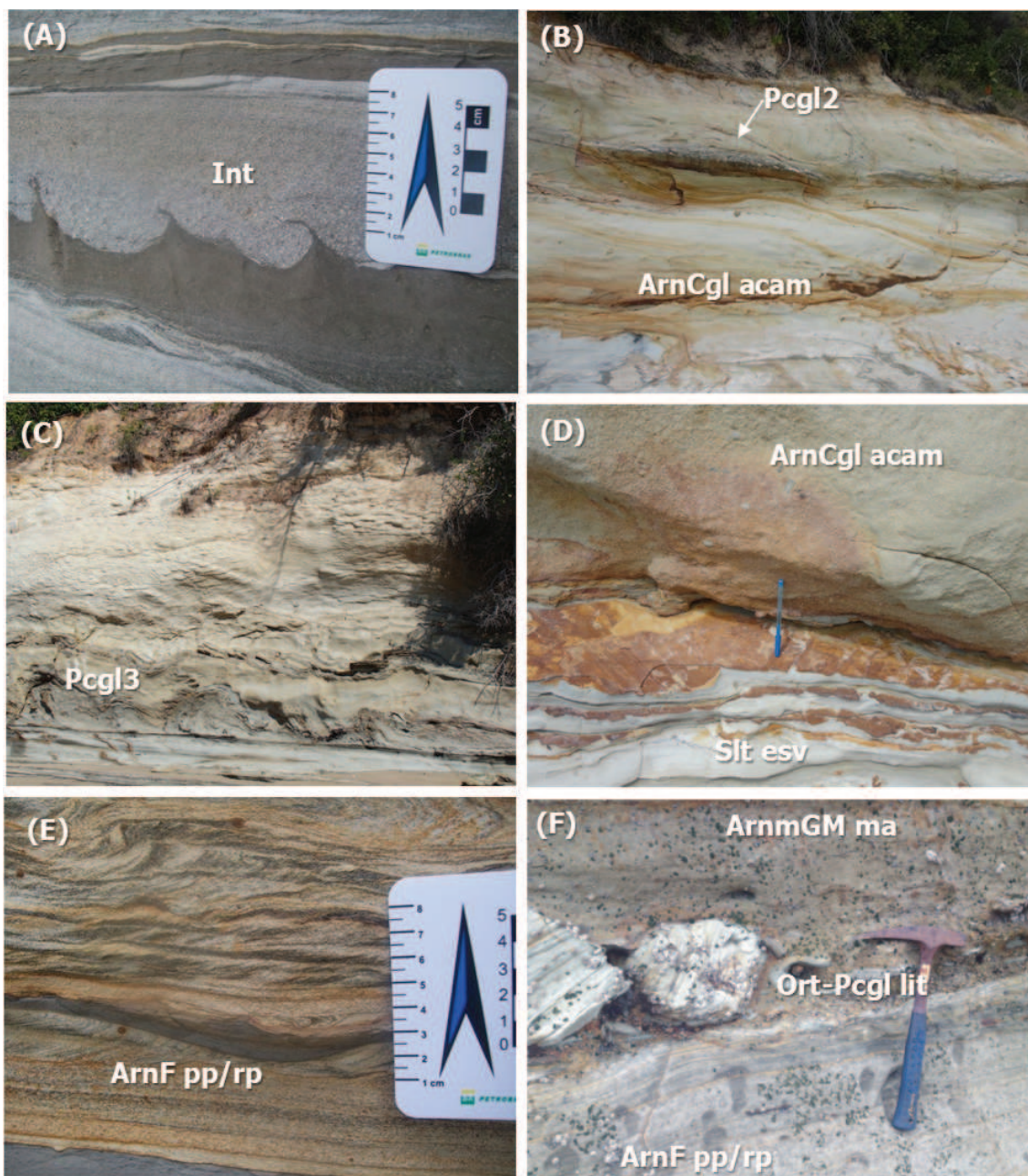


Figura 11: (A) Fácies Interacamadado (Int) Lamito siltoso/Arenito com estruturas de sobrecarga sobre o lamito (em chama) e discretas *ripples* no topo da camada de arenito. (B) Fácies ArnCgl acam maciço exibindo bandas de oxidação intercalado com com feições canalizadas da Fácies Pcgl2. (C) Fácies Pcgl3. "Paraconglomerado" de matriz arenosa, com blocos de lamitos deformados, provavelmente oriundos do rompimento de camadas (?). (D) Fácies Slt esv em contato com a Fácies ArnCgl acam. (E) Fácies ArnFno pp/rp com laminação planoparalela e topo exibindo *ripples* de corrente.(F) Fácies Orto a Paraconglomerado Lítico Ort-Pcgl lit com blocos de arenito, lamito, granito, sobrepondo abruptamente arenitos da fácies Fácies ArnFno pp/rp e passando para arenitos grossos maciços da fácies ArnmGM ma. Figuras A, B, C e D: setor norte; figuras E e F, setor central.

SETOR 2 – PARTE CENTRAL

São observadas três fácies principais:

Fácies Arenito Fino com Estratificação Planoparalela e *Ripples* (ArnF pp/rp)

Arenito fino a médio, moderadamente selecionado, com estratificação planoparalela, presente na base da seção, passando para *ripples* no topo, com vários fragmentos de matéria orgânica escura (Figs. 11E e 11F). O topo apresenta-se planar ou por vezes erodido pela deposição de orto a paraconglomerados da fácies Ort-Pcong Lit.

Fácies Orto a Paraconglomerado (Ort-Pcgl lit)

Orto a paraconglomerado de matriz arenosa de composição lítica, contendo grânulos e seixos de granióides, blocos de arenito fino a médio, blocos de siltitos e arenitos vermelhos e de lamitos cinza escuro. A matriz apresenta-se extremamente mal selecionada; ocorrem preenchendo feições canalizadas predominantemente presente na parte central do afloramento, por vezes sobrepondo fácies canalizada de ortoconglomerado intraclástico (Fig. 11F).

Fácies Arenito Muito Grosso a Médio Gradado Maciço (ArnmGM ma)

Arenito muito grosso na base dos estratos, passando a grosso e por vezes a médio em direção ao topo, muito mal selecionado, maciço, com blocos de lamitos dispersos. Recobrem em geral feições canalizadas contendo os conglomerados da fácies Ort-Pcgl lit ou arenitos grossos com estratificações cruzadas (Fig. 11F).

SETOR 3 – PARTE SUL

Neste setor é possível caracterizar seis fácies principais:

Fácies Arenito Fino/Médio/Grosso Argiloso (ArnFMG ago)

Arenito cinza escuro, maciço, muito mal selecionado, com todas as frações granulométricas presentes, fino, médio a grosso, muito grosso, com blocos dispersos decimétricos de lamitos e interacamadados, rico em micas e em fragmentos escuros de carvão dispersos. Próximo ao topo ocorre uma concentração camadas de arenito fino com *climbing ripples* fluidizadas e com cristas colapsadas para dentro desta fácies (Fig. 12A).

Fácies Arenito Médio a Grosso Esverdeado (ArnMGr esv)

Arenito médio a grosso maciço de coloração cinza esverdeada com fragmentos de carvão dispersos, com uma maior concentração próximo ao topo, e várias feições tubulares avermelhadas oxidadas (bioturbadas) na porção intermediária a superior dos estratos (Figs. 12B e 12C). Essa fácies apresenta graduação normal para um arenito fino com *climbing ripples* da Fácies ArnF rp, apresentando paleocorrente para SW. Nessa fácies foi coletada uma amostra para geocronologia em zircão.

Fácies Arenito Fino com *Climbing Ripples* (ArnF rp)

Arenito fino cinza esverdeado com *climbing ripples* que está intrinsecamente associado aos arenitos médios a grossos da Fácies ArnMGr esv. Apresenta-se em camadas centimétricas chegando a cerca de 20 cm de

espessura com boa continuidade lateral no setor sul do afloramento (Figs. 12B e 12C).

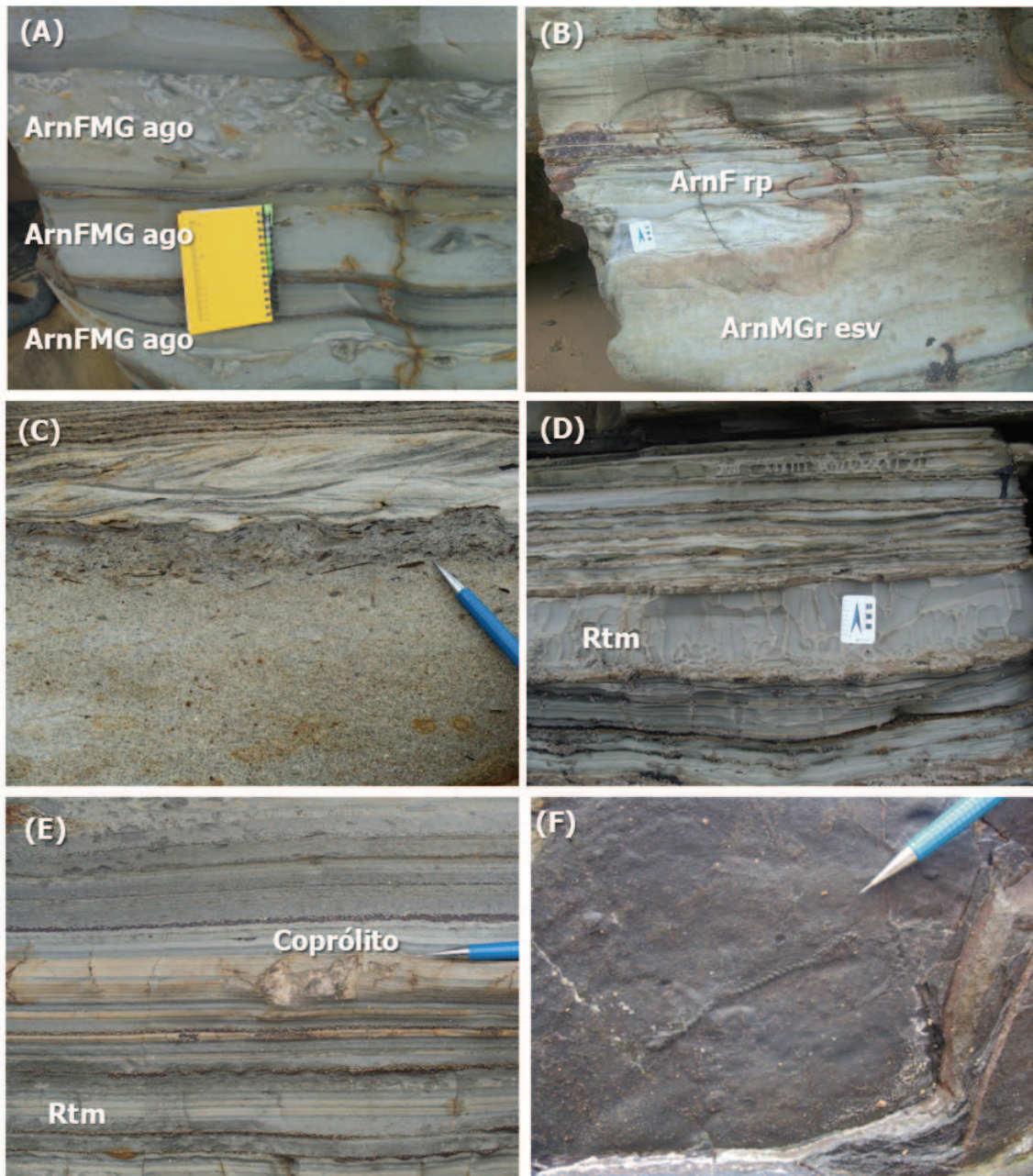


Figura 12: (A) Fácies ArnFMG ago, com blocos de argilito e arenitos finos com ripples de corrente colapsadas no topo dos estratos. (B) Fácies ArnMGr esv com arenitos finos com *ripples* da fácies ArnF rp no topo do estrato. Local de coleta da amostra para proveniência para a fácies ArnMGr esv. (C) Detalhe para gradação da Fácies ArnMGr esv para ArnF. Notar concentração de clastos de folhelhos e fragmentos de carvão no topo da Fácies ArnMGr esv. (D) Fácies Rtm, detalhe para a camada mais espessa, com estruturas de bioconstrução. (E) Coprólito em Fácies Rtm. (F) Fácies folhelho escuro rico em matéria orgânica (FlhMO), com peixe fóssil e conchostráceo.

Fácies Ritmito (Rtm)

Ritmito formado por intercalação de siltito argiloso rico em matéria orgânica e lentes de arenitos finos e camadas de siltito margosos, cinza claro. Devido maior resistência à erosão, as camadas margosas apresentam-se mais proeminentes em relação às camadas centimétricas de folhelhos (Figs 12D e 12E). Nessa fácies é possível observar coprólitos (Fig. 12E), um padrão atual de fraturas que lembram gretas de dissecação e estruturas verticais, ou estruturas de bioconstrução (?). Na parte sul, esses ritmitos recobrem arenitos muito grossos a médio gradado maciço, para o topo da seção. Na porção central do afloramento Morro de Camaragibe, esta fácies também ocorre recobrindo depósitos conglomeráticos da fácies Ort-Pcgl lit.

Fácies Folhelho Escuro Rico e Matéria Orgânica (FlhMO)

Folhelho escuro, rico em matéria orgânica com boa fissilidade, contendo fragmentos de carvão e fósseis de peixes. Essa fácies encontra-se na base do afloramento sendo observada em sua porção mais distal (Fig 12F).

III.2.3 Associação e Interpretação de Fácies

Para a interpretação das fácies descritas nos afloramentos estudados estabeleceu-se uma das mesmas com as fácies de fluxos gravitacionais apresentadas nos trabalhos de Mutti *et al.* (1999; 2003), conforme Tab 2.

Os afloramentos analisados foram interpretados como parte de um sistema fluvio-deltaico-turbidítico, onde cada afloramento apresenta-se como uma porção distinta do mesmo. As amostras coletadas para análise de proveniência nas fácies Pcgl1 e ArnMGr esv pertencentes aos afloramentos Praia de Japaratinga e Morro de Camaragibe, respectivamente, foram escolhidas de forma a representar diferentes porções e paleocorrentes desse sistema de modo que fosse possível ou não caracterizar áreas fontes distintas para a sedimentação.

Tabela 2: Fácies descritas para os afloramentos estudados.

Fácies	Descrição	Fácies de Mutti <i>et al.</i> (1999)
ASltCh	Argilito-siltito rico em conchostráceos	F9
ArnGr bxa	Arenito grosso com estratificação em baixo ângulo	F6
ArnCgl sig	Arenito conglomerático sigmoidal	F6
ArnMG sig	Arenito médio a grosso com estratificação sigmoidal de grande porte	F6
Slt lent	Siltito lenticular	F9
ArnGr ma-fl	Arenito grosso maciço a fluidizado	F5-F6?
Pcgl1	Paraconglomerado alaranjado	F2-F3
ArnGmG ma can	Arenito grosso a muito grosso canalizado	F5
ArnGmG Δba	Arenito grosso a muito grosso	F6
FlhL	Folhelho laminado	F9
Int	Interacamadado	F8-F9
ArnCgl acam	Arenito conglomerático acamadado	F5-F6?
Pcgl2	Paraconglomerado lenticular	F3
Pcgl3	Paraconglomerado intradeformacional	F2-F3
Slt esv	Siltito esverdeado lenticular	F9
ArnF pp/rp	Arenito fino com estratificação planoparalela e <i>ripples</i>	F9
Ort-Pcgl lit	Orto a paraconglomerado	F2-F3
ArnmGM ma	Arenito muito grosso a médio gradado maciço	F5
ArnFMG ago	Arenito fino/médio/grosso argiloso	<i>Slurry*</i>
ArnMGr esv	Arenito médio a grosso esverdeado	F5
ArnF rp	Arenito fino com <i>climbing ripples</i>	F8-F9
Rtm	Ritmito	F9
FlhMO	Folhelho escuro rico e matéria orgânica	F9

**Classificação conforme Tinterri & Magalhães (2010).*

Afloramentos Praia de Japaratinga e Barreiras do Boqueirão

O afloramento Praia de Japaratinga (Anexo 1) é uma falésia com cerca de 200 m de extensão, apresentando direção NNE-SSW (10°) com mergulho médio de 6° para SW. Arienti (1996) obteve medidas de paleocorrente para SW com mergulho das estratificações em 20° .

O afloramento Barreiras do Boqueirão (Anexo 2) possui continuidade lateral de cerca de 100 m, com direção NE-SW de aproximadamente 40° e mergulho regional de 12° para SW. As paleocorrentes possuem direção predominante SW com mergulho de estratificação entre 14 a 25° (Arienti, 1996).

As observações das fácies representativas dos afloramentos Praia de Japaratinga e Barreiras do Boqueirão sugerem um sistema fluvio-deltaico, com fluxos de correntes unidirecionais, que periodicamente são afetados por cheias catastróficas, gerando depósitos maciços a caóticos com o domínio de fluxo gravitacional. Para os referidos afloramentos, a área fonte provavelmente está localizada na borda NE da bacia, com contribuição também de fontes da borda falhada NW. Esse tipo de sistema é caracterizado por áreas fontes elevadas próximas à linha de costa (lago ou laguna) que sofre períodos de cheias catastróficas, fazendo com que fluxos hiperpicnais adentrem a bacia em questão (nesse caso, no lago rifte da Bacia de Sergipe-Alagoas).

No afloramento Praia de Japaratinga, para a Fácies ASltCh a ausência de oxidação, rizobioturbações e laminações sugerem uma sedimentação em um ambiente onde a espessura de lâmina d'água não permitiu a sua subexposição. Desta forma a fácies ASltCh foi interpretada como fácies de prodelta, cujos sedimentos foram depositados por plumas flutuantes que carregavam os sedimentos mais finos de um fluxo hiperpicnial ou então a sedimentação hemipelágica de plumas hipopicnais em períodos de afluxo fluvial normal. Progradando sobre esse prodelta, em um segundo período deposicional, houve o avanço do sistema fluvial que alimentava o delta, com a deposição dos arenitos das Fácies ArnGr bxa e ArnCgl sig (Fácies F5 de Mutti *et al.* 1999), representativos de um fluxo de cheia catastrófica vinda da borda NE da bacia (direção de paleocorrente para SW). Sobre esses arenitos houve um novo evento catastrófico, dessa vez da borda NW da bacia, representado pela deposição da Fácies Pcgl1. Esse fluxo é denso e bastante caótico, e corta

ortogonalmente os sedimentos depositados anteriormente, arrancando blocos de siltitos e folhelhos das camadas inferiores, exibindo contato abrupto/erosivo.

O afloramento Barreiras do Boqueirão representa uma deposição fluvio-deltaica que provavelmente foi cogenética à deposição das fácies do afloramento Praia de Japaratinga. A Fácies ArnGr ma-fl, conforme descrita anteriormente, é provável equivalente à fácies ArnCgl sig e/ou ArnGr bxa, sendo, portanto, interpretada também como fluxo unidirecional em um sistema de domínio fluvial. A Fácies Slt lent sobrepõe as fácies de domínio fluvial, evidenciando uma retração do sistema, que posteriormente volta a progradar com a deposição da fácies ArnMG sig compondo uma geometria de barra de desembocadura de frente deltaica. Essa geometria é sobreposta por fácies arenosas canalizadas (Fácies ArnGmG ma can) representando os fluxos canalizados catastróficos similares a Fácies Pcgl1 (F2-F3 de Mutti *et al.* 1999). Essa fácies sobrepõe e se interdigita com a Fácies ArnGmG Δ ba (fácies F6 de Mutti *et al.* 1999) que aqui é interpretada como uma diminuição da energia do sistema. Sobre essa associação depositam-se os folhelhos da Fácies FlhL que indica um período de anoxia.

Afloramento de Morro de Camaragibe

O afloramento de Morro de Camaragibe apresenta-se como um anticlinal com extensão de aproximadamente 800m. Devido à sua arquitetura estrutural, torna-se difícil correlacionar e interpretar deposicionalmente todo o conjunto de fácies ao longo do afloramento. Para melhor entendimento, a descrição e interpretação das fácies em Morro de Camaragibe foi elaborada segundo três compartimentos: norte (Anexo 3), central (Anexo 4) e sul (Anexo 5). O setor norte do anticlinal apresenta um mergulho das camadas variando entre 15° a 20° para SW com direção preferencial NW/SE, já o setor sul mostra um mergulho de camadas entre 6° a 15° para NW, com direção preferencial NE/SW (Siqueira 2002), enquanto que a porção central não apresenta grande mergulho aparente.

De um modo geral, as associações de fácies presentes nos 3 setores supracitados, caracterizam um sistema turbidítico com no mínimo três domínios de geometrias deposicionais distintas: a) um domínio proximal de fácies canalizadas; b) um domínio intermediário de geometrias lobadas com maior continuidade dos corpos arenosos, e c) um domínio distal com presença de corpos menos espessos de arenitos finos interacamadados com lamitos, caracterizando as franjas turbidíticas.

A associação proximal é vista na parte norte e exhibe fácies correlacionadas às fácies F2 a F5 de Mutti *et al.* (1999). Essa sedimentação corresponde à deposição dos sedimentos cascalhosos da cabeça da corrente de turbidez, representada pela Fácies Pcgl3 (fácies F2-F3 de Mutti *et al.* 1999), que erode e arranca clastos da superfície basal, representada por depósitos hemipelágicos da Fácies Int, seguida da sedimentação em regime trativo com a deposição dos arenitos da Fácies ArnCgl acam (Fácies F5 de Mutti *et al.* 1999). Essa associação de fácies pode ser interpretada como deposição em zona de passagem de sedimentos (*by-pass*), sendo observadas feições de escavações na base e lentes conglomeráticas da Fácies Pcgl2 (F3 de Mutti *et al.* 1999).

A associação intermediária é observada na parte central do afloramento e representa basicamente a zona de acumulação do sistema turbidítico, composta por um grande sistema de canais (Fácies Ort-Pcgl lit) que adentra em um ambiente de menor energia, representado pela Fácies ArnF pp/rp. Sobre esses canais houve uma deposição de grandes corpos arenosos das Fácies ArnmGM ma.

A associação distal é observada na parte sul do afloramento, que compõe uma sedimentação predominantemente das fácies F8 e F9 de Mutti *et al.* (1999). A base dessa porção do afloramento é caracterizada pela presença da Fácies ArnFMG ago, que interpretada como um fluxo turbulento contendo todas as frações granulométricas misturadas de forma catótica que sofreu congelamento sem o devido fracionamento das granulomentrias, caracterizando um depósito de *slurry* similar aos descritos por Magalhães e Tinterri (2010). Sobre essa camada observa-se deposição das Fácies ArnMGr esv gradando para

a Fácies ArnF rp, fácies F8 e F9 de Mutti *et al.* (1999) respectivamente, que podem ser interpretadas como depósitos de franja do sistema turbidítico. Sobre essas fácies observa-se os ritmitos da Fácies Rtm, interpretados como uma diminuição de energia do ambiente com deposição em regime normal de um ambiente lacustre. As diferenças de espessura nas camadas, oscilando entre maiores e menores proporções de siliciclásticos, indicam mudanças menores na energia do sistema. Os máximos nas inundações podem ser observados na deposição de camadas das Fácies FlhMO, indicativas de períodos de maior anoxia e mortandade dos indivíduos que habitavam aquele ambiente. Ainda, acima dessas fácies de menor energia ocorreu a deposição de corpos arenosos que apresentam texturas e estruturas mascaradas pela lixiviação da Formação Barreiras, sobreposta.

As características das associações de fácies apresentada no afloramento Morro de Camaragibe sugerem que seus sedimentos foram depositados por um sistema turbidítico adentrando um corpo aquoso (Fig. 13), similar ao descrito por Mutti *et al.* (2003).

Ao adentrar a bacia, a corrente de turbidez deposita-se através de ciclos de alternância entre tração e suspensão, e evolui gradualmente levando a deposição segregada da carga sedimentar (porção mais grossa seguida de granulometria intermediária e finalizando com a deposição dos sedimentos mais finos). O salto hidráulico tem papel fundamental na sedimentação turbidítica, ocasionando a separação entre a zona de transferência de sedimentos (canais) da zona de acumulação (lobos), o local onde ocorre essa passagem é chamado de transição canal-lobo (D'Ávila *et al.* 2008).

As fácies resultantes da evolução de uma corrente de turbidez podem ser observadas na figura 14. Fácies de características similares estão presentes no afloramento Morro de Camaragibe, e apontam para uma configuração de bacia no Aptiano, onde o regime de subsidência mecânica era dominante, gerando intensos falhamentos na borda da bacia, condicionando grandes espaços de acomodação que eram constantemente preenchidos por sedimentos oriundos de áreas fontes próximas, comumente carregados por fluxos catastróficos.

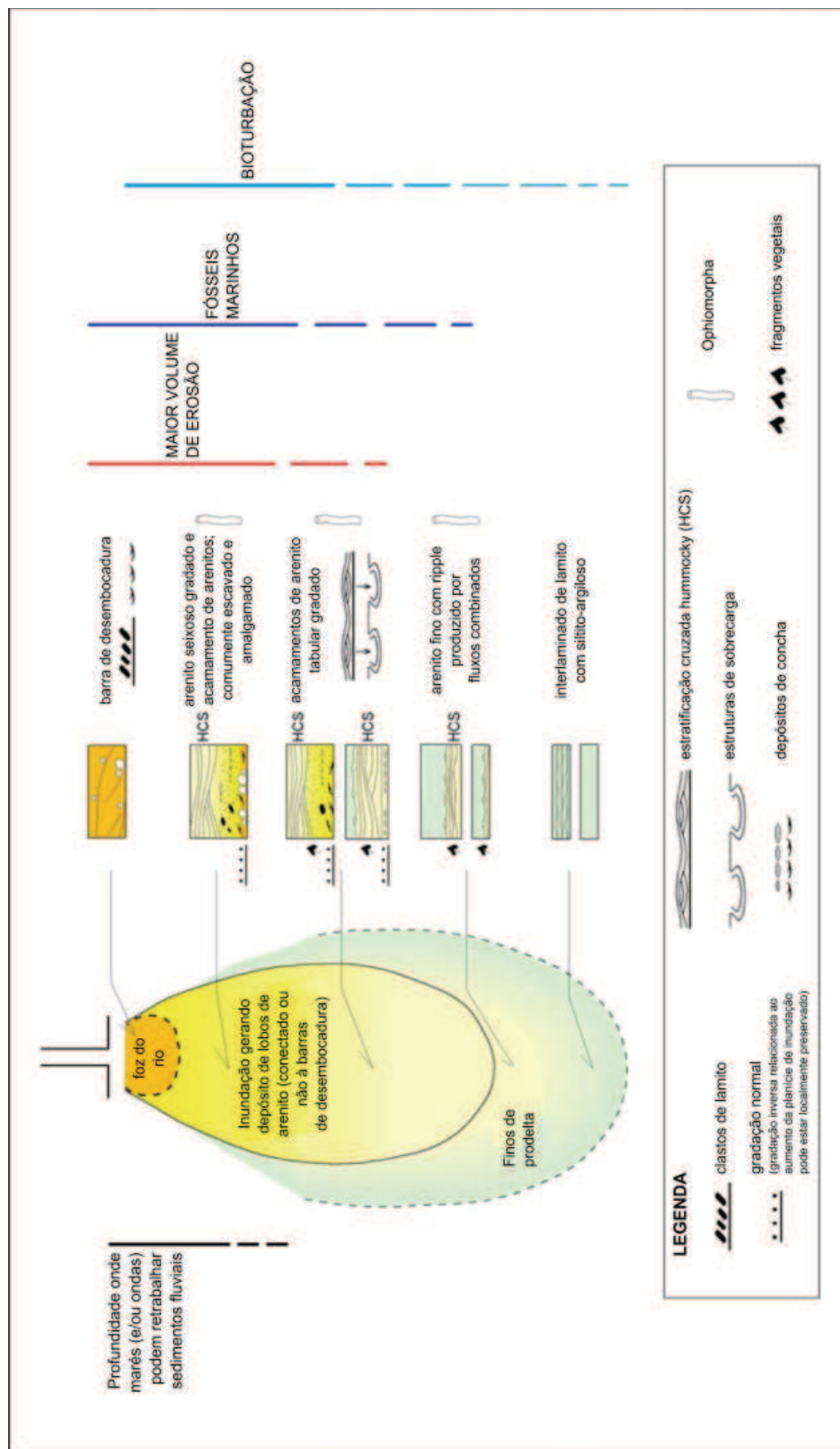


Figura 13: Gênese das fácies de um sistema flúvio-deltaico conforme Mutti *et al.* (2003).

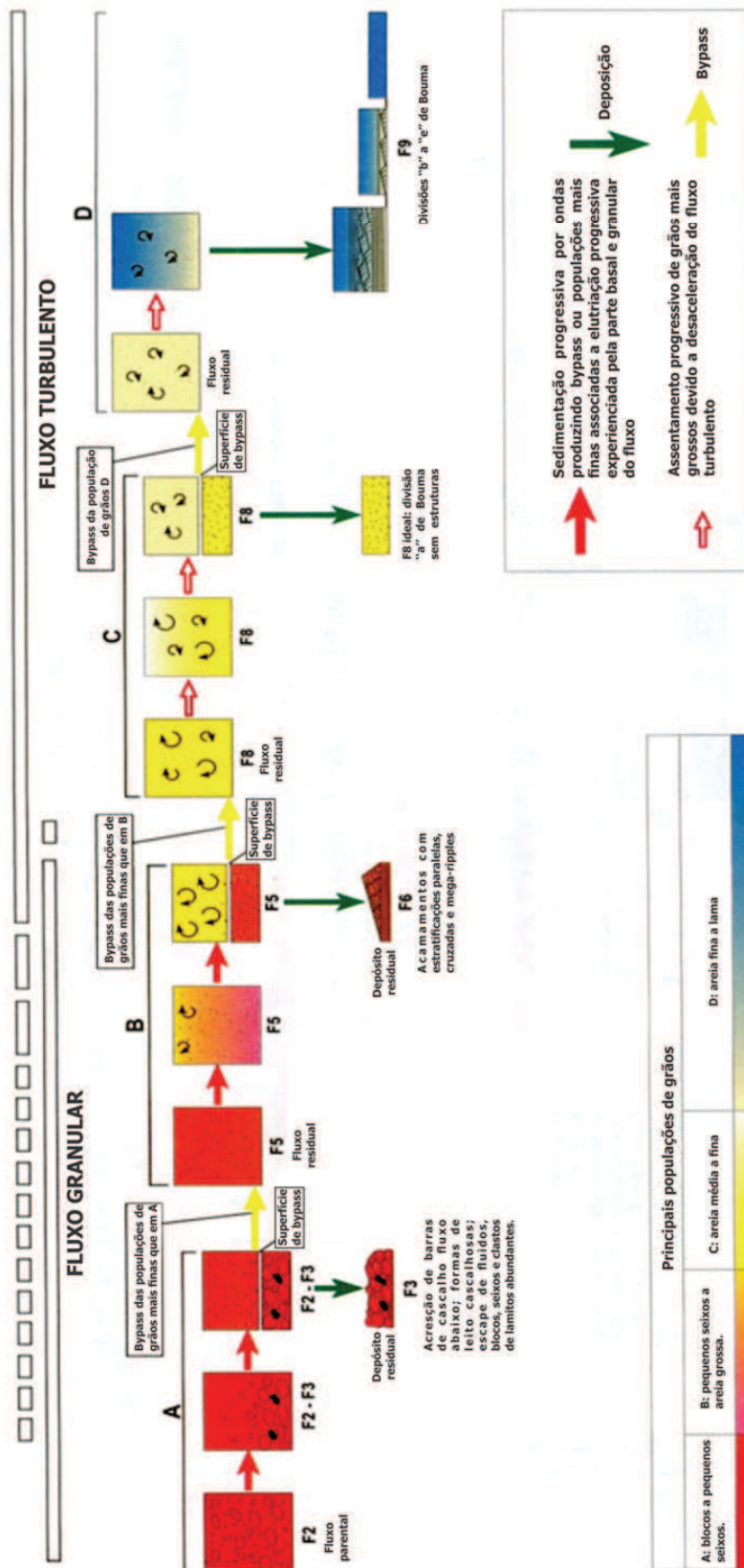


Figura 14: Evolução de um fluxo turbidítico conforme Mutti *et al.* (1999)

III.3 PETROGRAFIA

O estudo petrográfico consistiu em análises qualitativa e quantitativa com contagem de 300 pontos de dez lâminas de arenitos sendo cinco do afloramento Morro de Camaragibe, três de Barreiras do Boqueirão e duas de Praia de Japaratinga. Essas lâminas foram classificadas texturalmente e composicionalmente de acordo com Folk (1968) e quanto à proveniência de acordo com Dickinson (1985). Uma lâmina de cada afloramento também foi analisada em microscópio eletrônico de varredura (módulo BSE), para melhor determinação de minerais acessórios e composição química, juntamente com análise geoquímica de rocha total de amostras dos três afloramentos de modo a obter uma maior acurácia no estudo de proveniência.

III.3.1 Constituintes Texturais e Detríticos

Os litotipos analisados nos três afloramentos foram coletados em fácies variando de areia média a fina e apresentam-se texturalmente variados (Fig. 15). Predomina o mal selecionamento dos grãos, em sua maioria subangulosos, com aumento do selecionamento nas frações mais finas.

O empacotamento é predominantemente normal, cujo índice de proximidade varia entre 42% e 59%. A distribuição dos tipos de contatos encontrados, que alcançaram os seguintes valores médios: 21,7% de contatos pontuais, 18,6% de contatos longos, 5% de contatos côncavo-convexos, 1,5% de contatos suturados e 53,2% de contatos grão/não-grão.

Os litotipos dos afloramentos estudados são classificados como arcócio conforme Folk (1968), como o diagrama ternário da figura 16, apresentando uma composição original média para os afloramentos de Praia de Japaratinga, Barreiras do Boqueirão e Morro de Camaragibe de $Q_{46,91}F_{51,03}L_{2,07}$, $Q_{34,70}F_{64,65}L_{0,66}$ e $Q_{45,82}F_{53,28}L_{0,90}$ respectivamente, onde Q corresponde ao percentual de quartzo total, F ao percentual de grãos de feldspato detrítico juntamente com fragmentos graníticos e gnáissicos (rochas plutônicas de granulometria grossa de crosta profunda), e L corresponde a todos os fragmentos líticos finos (supracrustais). A tabela 2 mostra a composição média de cada lâmina descrita.

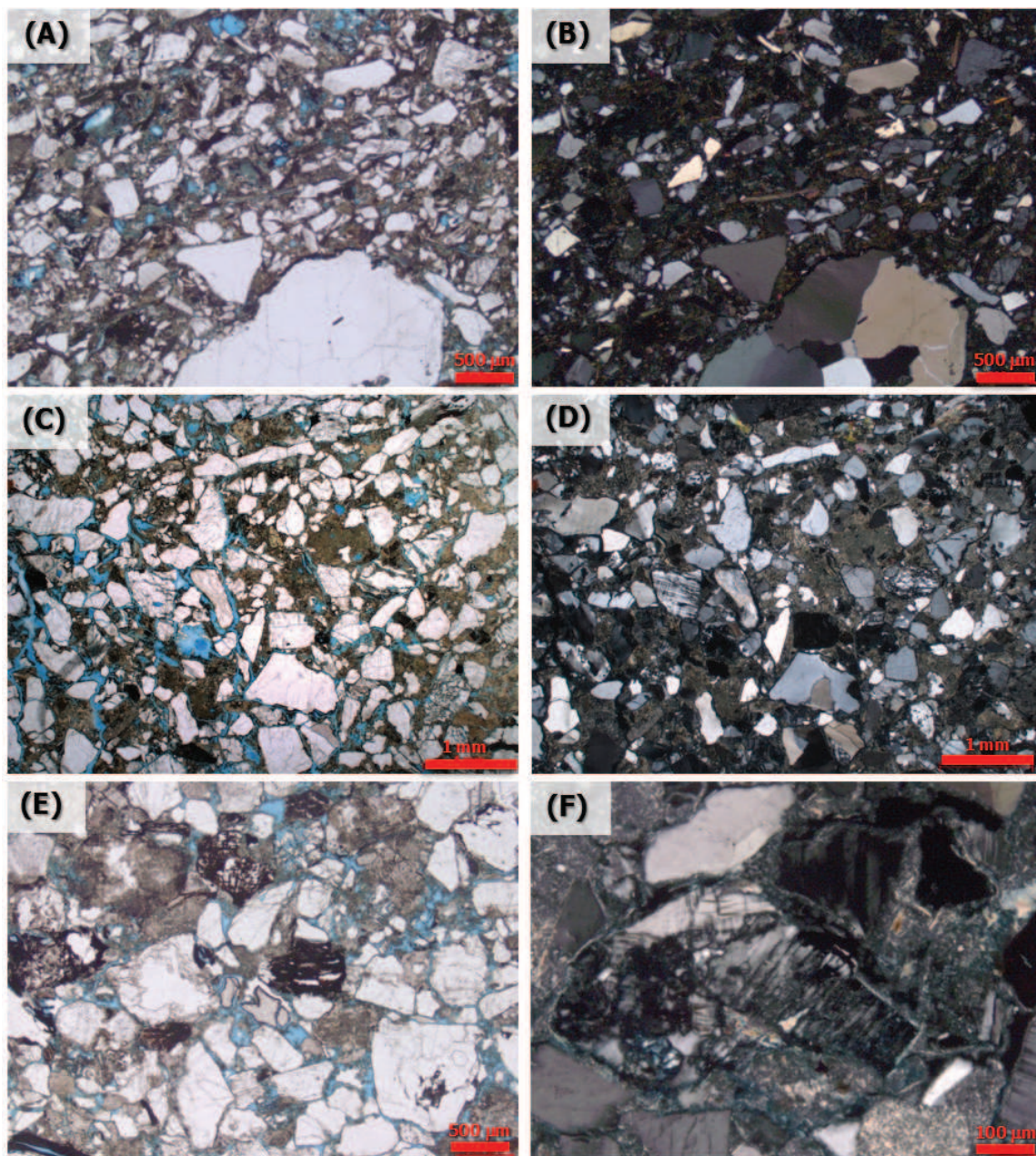


Figura 15: Fotomicrografias dos aspectos texturais (coluna da esquerda, nicóis paralelos) e composicionais (coluna da direita, nicóis cruzados) das fácies ArnMGr esv, afloramento Morro de Camaragibe (A e B), Pcgl1, afloramento Japaratinga (C e D) e ArnGr ma-fl, afloramento Barreiras do Boqueirão (E e F).

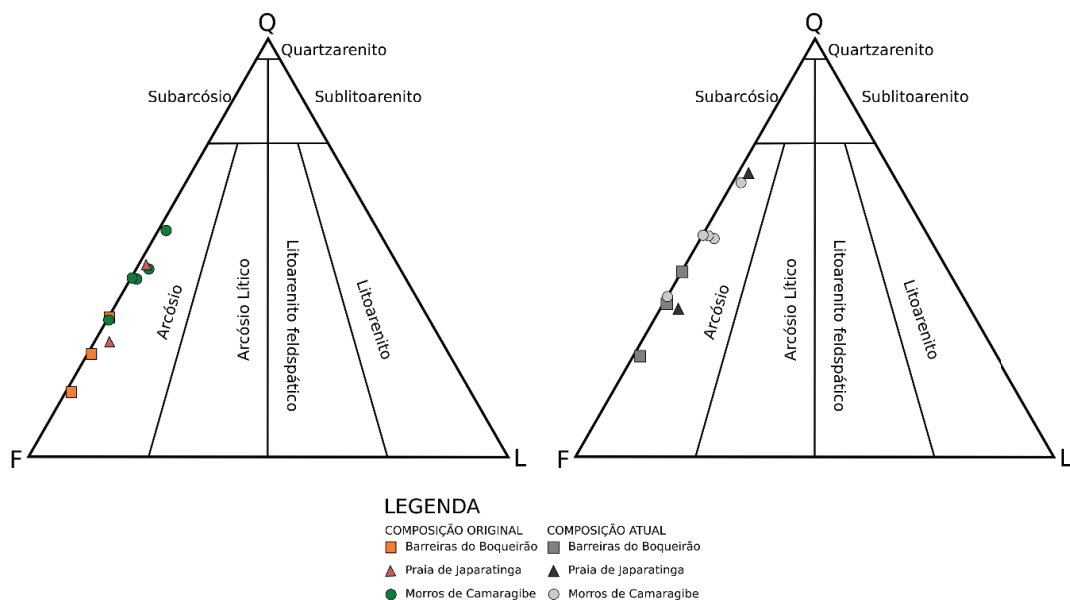


Figura 16: Diagrama composicional de Folk (1968) exibindo as composições originais (coloridas) e atuais (tons de cinza) das amostras de arenito descritas para cada afloramento.

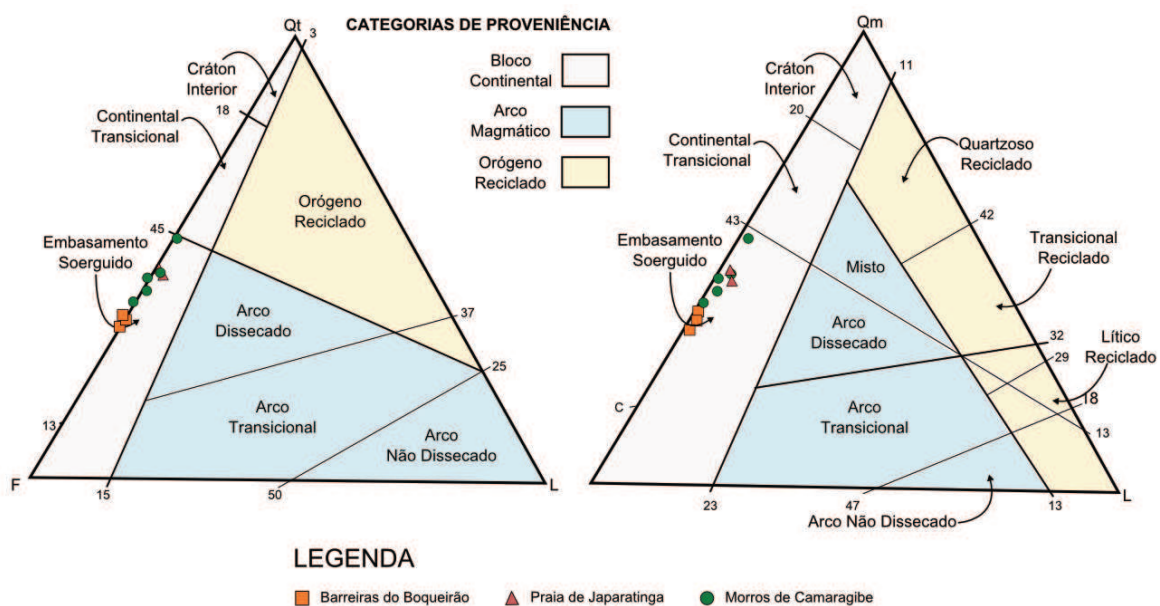


Figura 17: Gráficos de Dickinson (1985) com as proveniências das amostras descritas.

Tabela 3: Tabela de constituintes das lâminas petrográficas descritas.

Lâmina	JPT_02	JPT_06	BOQ_01	BOQ_02	BOQ_05	CAM_03	CAM_06	CAM_07	CAM_08	CAM_09	MÉDIA
Fácies	PcglI	PcglI	ArnMG sig	ArnGmG Δba	ArnGr ma-fl	AmCgl acam	Int	ArnF pp/rp	ArnF	ArnMGr esv	
Constituintes	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Total constituintes primários	49,67	53,31	59,33	52,33	54,00	71,32	67,66	59,67	61,64	71,64	60,06
Total de Qtz detrítico	26,32	23,65	28,66	23,33	29,01	33,65	28,00	28,34	24,67	27,33	27,30
Total Qtz monomineralítico	15,99	22,99	25,33	17,33	12,34	31,65	27,00	28,34	24,67	21,99	22,76
Qtz monocristalino com extinção abrupta	2,33	15,33	10,00	11,33	2,33	21,66	20,00	24,34	18,00	16,66	14,20
Qtz monocristalino com extinção ondulante	6,33	6,33	8,33	2,33	3,67	6,00	5,00	3,00	6,00	2,66	4,96
Qtz policristalino	7,33	1,33	7,00	3,67	6,34	3,99	2,00	1,00	0,67	2,67	3,60
Qtz em FRP	10,33	0,66	3,33	6,00	16,67	2,00	1,00	0,00	0,00	5,34	4,53
Total grãos de feldspato	18,68	8,99	28,00	21,34	20,66	25,66	22,33	14,00	21,31	30,31	21,13
Total feldspato monomineralítico	11,01	8,66	21,00	14,67	7,99	16,33	18,33	13,01	17,99	17,98	14,70
Total grãos de feldspato indiferenciado	0,67	2,66	2,33	2,67	7,00	9,00	4,33	5,33	7,00	10,00	5,10
Feldspato indiferenciado	0,67	2,33	0,00	1,00	2,33	2,67	3,00	5,00	5,34	5,33	2,77
Feldspato indiferenciado em FRP	0,00	0,33	2,33	1,67	4,67	6,33	1,33	0,33	1,66	4,67	2,33
Total grãos de K-feldspato	17,34	5,66	24,67	17,67	13,33	14,67	14,34	6,01	11,65	17,32	14,27
Ortoclásio detrítico	6,00	3,00	16,00	8,67	4,00	6,00	6,00	3,34	5,33	4,99	6,33
Microclínio detrítico	3,67	2,33	4,00	4,00	1,33	6,00	5,67	2,34	4,66	6,33	4,03
Pertita detrítica	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,33	0,00	1,33	1,00	0,43
K-feldspato em FRP	6,67	0,33	4,67	5,00	8,00	2,00	2,34	0,33	0,33	5,00	3,47
Total de Plagioclásio	0,67	0,67	1,00	1,00	0,33	1,99	3,66	2,66	2,66	2,99	1,76
Plagioclásio detrítico	0,67	0,00	1,00	1,00	0,33	1,66	3,66	2,33	2,66	1,33	1,46
Plagioclásio detrítico em FRP	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00	1,66	0,30
Total de FRP	17,67	2,66	11,33	15,33	31,00	11,33	5,00	1,65	1,99	17,00	11,50
FRP granítica/gnaíssica	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,07
Total FRM	0,67	0,67	0,00	0,33	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23
FRM indiferenciado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
frag de filito	0,67	0,67	0,00	0,33	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23
Total FRS	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	0,67	0,66	0,00	0,37
frag de calcário	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	0,00	0,66	0,00	0,20
frag de folhelho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,07
frag de chert	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10

Tabela 3: Tabela de constituintes das lâminas petrográficas descritas. (continuação).

Total micas detríticas	3,00	17,33	2,34	7,00	2,66	11,01	14,67	15,33	12,67	11,34	9,74
Muscovita	2,00	5,33	0,67	1,67	1,00	0,67	0,67	0,33	0,67	1,00	1,40
Biotita detrítica	0,33	11,33	0,67	3,00	0,00	9,67	13,67	14,34	12,00	10,34	7,54
Muscovita em FRP	0,67	0,67	1,00	2,00	1,33	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,60
Biotita em FRP	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,67	0,33	0,33	0,00	0,00	0,20
Total minerais pesados	0,00	0,33	0,33	0,00	0,33	1,00	1,00	0,66	2,33	0,00	0,60
Granada	0,00	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
Titanita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,07
Turnalina	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	1,00	0,33	0,33	1,00	0,00	0,30
Zircão	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	1,00	0,00	0,13
Opaco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,03
Total grãos intrabasinais	0,00	2,34	0,00	0,00	0,67	0,00	0,33	0,67	0,00	2,33	0,63
Intraclasto lamoso	0,00	1,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	2,33	0,47
frag de matéria orgânica	0,00	0,67	0,00	0,00	0,67	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,17
Total constituintes diagenéticos	28,00	31,66	28,01	28,00	30,34	16,33	15,32	23,99	19,66	17,32	23,86
Sobrecrescimento de Qtz	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,13
Calcita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,67	8,99	6,00	2,33	1,90
Leucóxênio	0,00	0,33	0,00	1,67	0,00	0,33	0,33	0,33	1,00	0,00	0,40
Albita	0,33	0,33	0,33	2,33	1,00	0,00	2,99	0,00	0,67	0,00	0,80
Pirita	0,00	0,33	1,00	0,67	0,00	0,33	0,33	0,00	0,33	0,33	0,33
Óxido/hidróxido de ferro indiferenciado	3,33	9,66	1,67	3,33	3,00	0,00	0,33	1,67	0,33	2,33	2,56
Total argila diagenética	24,34	21,01	25,01	19,00	26,34	15,67	9,67	13,00	11,00	12,33	17,74
Argila diagenética indiferenciada	0,00	3,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37
Argila infiltrada	0,67	0,00	1,67	0,33	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
Caulinita	0,00	2,67	12,00	7,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,77
Ilita/esmectita substituindo matriz	19,00	4,67	7,67	1,67	2,00	3,00	6,67	5,00	6,67	6,00	6,24
Ilita/esmectita substituindo feldspato	4,67	10,00	3,67	10,00	17,67	12,67	3,00	8,00	4,33	6,33	8,03
Porosidade petrográfica total	22,67	15,00	12,68	19,66	15,99	12,33	16,99	16,67	18,33	10,99	16,13
Poros primário	5,00	4,33	4,00	5,67	4,33	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	2,43
Poros ampliado por dissolução	7,33	7,00	3,34	5,33	5,33	8,67	9,66	7,67	11,00	3,33	6,87
Poros reduzido por cimentação	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,33	0,00	0,00	0,23
Poros intragranular	7,67	2,00	3,34	6,33	6,33	2,00	1,67	3,67	3,67	6,33	4,30
Poros agigantado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	1,33	0,33	0,00	0,20
Poros móldico	2,00	1,67	2,00	2,33	0,00	1,33	4,66	1,67	3,33	1,33	2,03
Poros de contração	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07

De uma maneira geral os arenitos apresentam grãos de quartzo em sua maioria monocristalinos com extinção abrupta, havendo grãos monocristalinos com extinção fortemente ondulante e policristalinos subordinados. Os grãos de feldspato detrítico estão em sua maioria extremamente alterados por processos de caulinição e/ou elitização tornando-se difícil a sua distinção, os grãos identificados correspondem a 13,34% dos constituintes, com a seguinte ordem de abundância: ortoclásio, microclínio, plagioclásio e pertita.

Há uma grande quantidade de fragmentos de rochas granitoides, principalmente nas frações mais grossas, com uma média de 11,33% dos constituintes. Em proporções menores são observados fragmentos líticos de filito e chert nos afloramentos de Praia de Japaratinga e Barreiras do Boqueirão, já em Morro de Camaragibe encontra-se fragmentos de calcário e folhelho.

A biotita é o mineral acessório mais abundante, principalmente no afloramento de Morro de Camaragibe, com uma média de 7,54% do volume total (Fig. 18A). Ao serem analisadas pelo EDS, as biotitas apresentaram-se titaníferas com teores de titânio variando entre 2% a 3% (Fig 18B). As biotitas alteradas podem conter cristais de pirita autigênica nos seus planos de fraqueza e apresentam evidências de cloritização com o elemento cloro correspondendo a até 0,5% de sua composição química. Além da biotita, foram identificados em lâmina petrográfica os seguintes acessórios: muscovita (Fig. 18C), turmalina (Fig. 18.A), zircão, granada (Fig. 18D), titanita e minerais opacos. Em microscópio eletrônico foi possível distinguir também monazita (Fig. 18E) e apatita (Fig. 18F). Como constituintes intrabaciais foram encontrados intraclastos argilosos e fragmentos de matéria orgânica.

Os percentuais de constituintes detríticos das amostras petrograficamente analisadas, quando normatizados para os gráficos de Dickinson (1985) sugerem que os arenitos estudados são provenientes principalmente de embasamento soerguido (Fig. 17), em ambiente tectonicamente instável e área fonte próxima ao local de deposição, mostrando baixa maturidade textural e mineralógica dos litotipos. A baixa percentagem de fragmentos de rocha sedimentares e metamórficas aponta uma fonte predominantemente primária para esses arenitos.

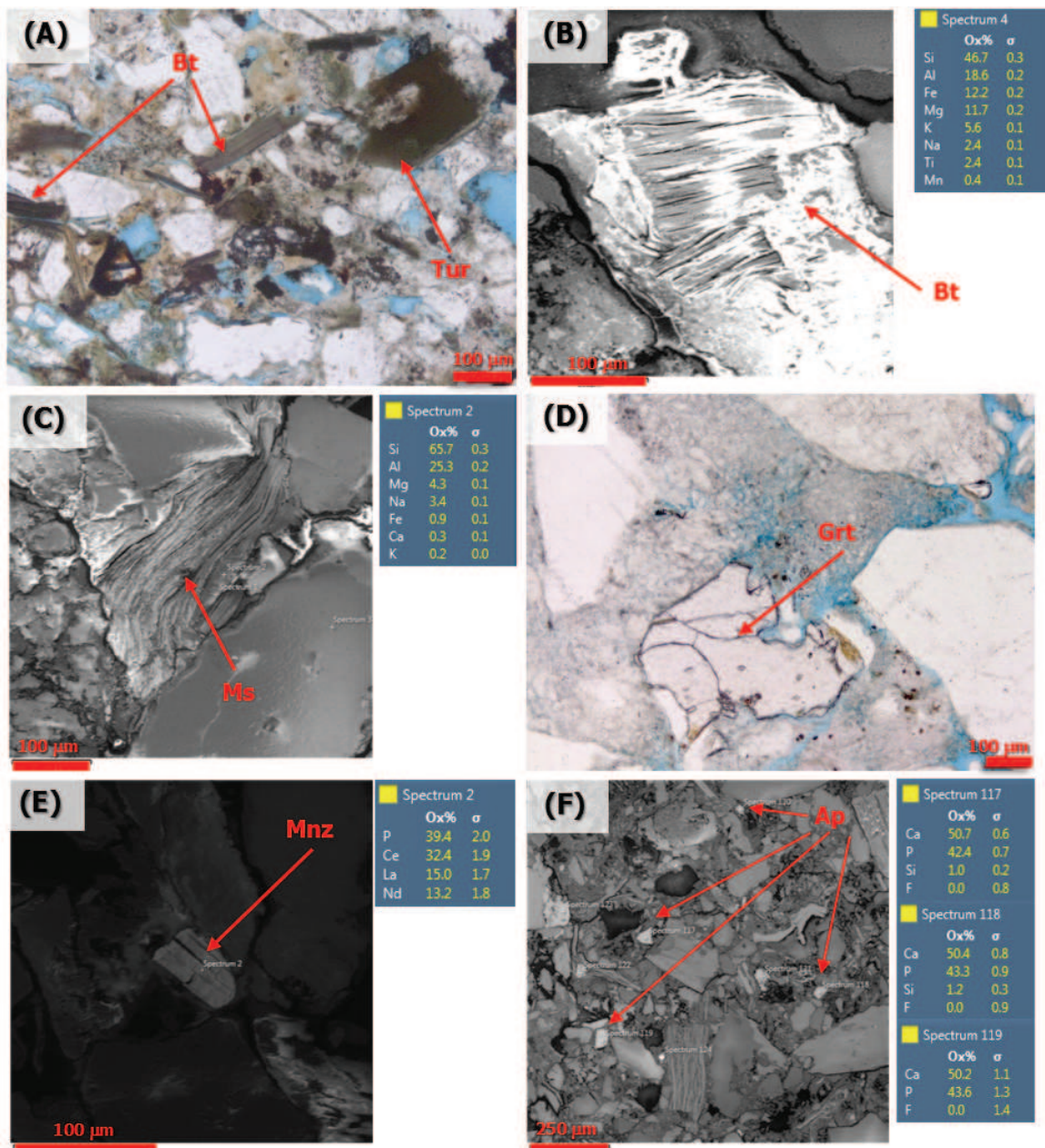


Figura 18: Minerais acessórios encontrados nas lâminas petrográficas. (A) Biotita-Bt e turmalina-Tur na fácies ArnMGr esv, fotomicrografia em nicóis paralelos da amostra CAM-09. (B) Biotita-Bt na fácies Pcgl1, imagem em MEV-EDS da amostra JPT-02. (C) Muscovita-Ms na fácies Pcgl1, imagem em MEV-EDS da amostra JPT-02. (D) Granada-Grt detrítica parcialmente dissolvida na fácies ArnGr ma-fl; fotomicrografia em nicóis paralelos da amostra BOQ-05. (E) Cristal de monazita-Mnz na fácies ArnMG sig, imagem em MEV-EDS da amostra CAM-01 e (F) Cristais de apatita-Ap na fácies ArnMGr esv, imagem em MEV-EDS da amostra CAM-09.

III.3.2 Constituintes Diagenéticos e Porosidade

Os constituintes diagenéticos identificados em ordem de abundância são: illita/esmectita (I/S), caulinita, óxido/hidróxidos de ferro, calcita, albita, leucoxênio, argila indiferenciada, argila infiltrada, pirita e quartzo.

- Illita/esmectita: ocorre com expressividade média de 14,27% estando presente em todas as amostras dos afloramentos estudados com uma composição semelhante (Figs. 19A e 19B), ocorrendo como uma massa uniforme entre os grãos, compondo uma matriz deposicional e substituindo grãos de feldspato detrítico. A matriz deposicional pode ter uma composição inicialmente esmectítica e devido a processos tanto de soterramento e litificação quanto ao intemperismo sofrido pelos afloramentos expostos à beira-mar, podem ter passado por estágios de ilitização, e/ou de transformação de outros constituintes primários em argilas esmectíticas.

- Caulinita: aparece com proporção média de 2,77% (podendo atingir 12%), com hábito tipo livro (*booklet*), intragranulares substituindo feldspatos a partir do processo de dissolução parcial e/ou total dos mesmos (Fig. 19C).

- Óxido/hidróxidos de ferro: ocorre principalmente como crosta ao redor de constituintes detríticos principalmente grãos de carbonáticos, quartzo e feldspato. Também ocorre alterando e substituindo micas, provavelmente biotitas ricas em ferro, e oxidando minerais pesados, com proporção média de 2,56%, podendo aparecer em volume superior a 9%. Sugerem ser resultado de alterações telogenéticas devido à exposição dos afloramentos à ação do intemperismo químico (Fig 19.D)

- Calcita: constituinte diagenético observado apenas nos litotipos do afloramento de Morro de Camaragibe, com média geral de 1,90% chegando ao valor máximo de 8,99%, apresentando-se com o hábito em mosaico mesocristalino, por vezes aparentemente substituindo constituintes primários indistintos (Fig 19E).

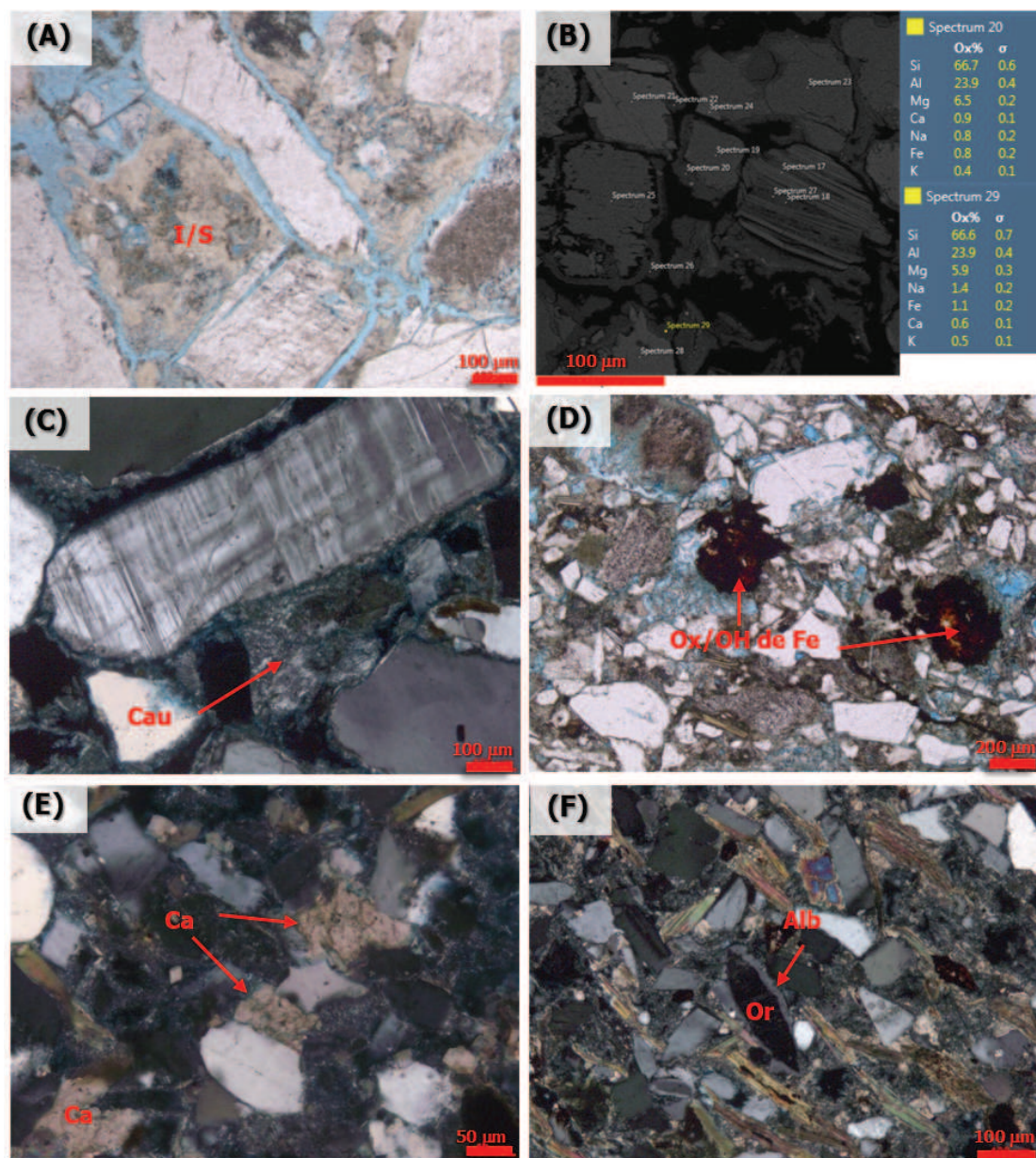


Figura 19: Principais constituintes diagenéticos. (A) Ilita/esmectita-I/S substituindo matriz na fácies Pcgl1, fotomicrografia em nicóis paralelos da amostra JPT-02. (B) Ilita/Esmentita-I/S na fácies ArnMG sig, imagem em MEV-EDS da amostra CAM-01. (C) Caulinita-Cau intragranular substituindo feldspato detrítico em lâmina da fácies ArnGr ma-fl, fotomicrografia em nicóis cruzados da amostra BOQ-05. (D) Óxido/hidróxido-OX/OH de ferro-Fe encrustando constituinte primário (fragmento de calcário?) na fácies ArnMGr esv, fotomicrografia em nicóis paralelos da amostra CAM-09. (E) Calcita-Ca substituindo quartzo detrítico na fácies ArnF pp/rp, fotomicrografia em nicóis cruzados da amostra CAM-07. (F) Sobrecrescimento de albita-Alb sobre grão de ortoclásio-Or em lâmina da fácies ArnF pp/rp, fotomicrografia em nicóis cruzados da amostra CAM-07.

- Albita: ocorre com proporção média de 0,80% na forma de sobrecrescimentos epitaxiais em grãos de feldspato, principalmente ortoclásio e microclínio (Fig. 19.E).
- Leucoxênio: aparece intragranular substituindo minerais pesados de titânio (provavelmente titanita) com proporção média de 0,40% (Fig. 20.A).
- Argila indiferenciada: argila de alteração cuja identificação não foi possível caracterizar em lâmina petrográfica. Ocorre preenchendo poros e sugere ser caulim como produto de alteração de grãos/intraclastos (?). A sua proporção é em torno de 0,37%.
- Argila infiltrada: ocorre em proporção média de 0,33% na forma de cutícula ao redor de constituintes primários, por vezes apresentando-se rompidas (Fig 20.C).
- Pirita: ocorre como cristais isolados ou de hábito framboidal dispersos nos poros com abundância média de 0,33% podendo chegar a 1% (Fig. 20.B).
- Quartzo: aparece com proporção de apenas 0,33% na forma de sobrecrescimentos em grãos de quartzo, geralmente de forma descontínua (Fig 20.A).

A porosidade petrográfica apresenta uma média de 16,13%, com valores variando entre 10,99% e 22,67%. É constituída principalmente por poros intergranulares ampliados por dissolução além de poros intragranulares em grãos de feldspato (Fig. 20.D). As relações texturais das lâminas sugerem uma história diagenética preliminarmente interpretada conforme a figura 21.

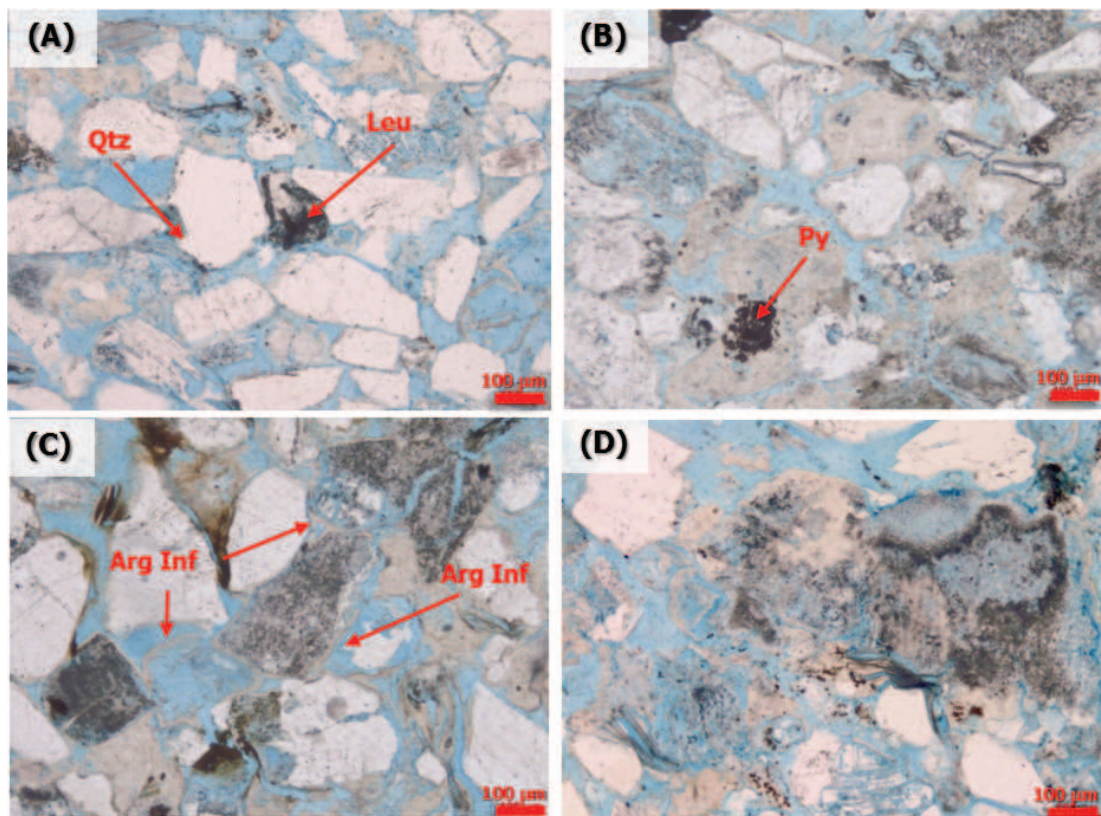


Figura 20: (A) Leucoxênio-Leu substituindo mineral de titânio e sobrecrecimento de quartzo-Qtz em lâmina da fácies ArnGmG Δ ba, fotomicrografia em nicóis paralelos da amostra BOQ-02. (B) Pirita-Py framboidal em lâmina da fácies ArnMG sig, fotomicrografia em nicóis paralelos da amostra BOQ-01. (C) Argila infiltrada-Arg Inf em lâmina da fácies ArnMG sig, fotomicrografia em nicóis paralelos da amostra BOQ-01. (D) porosidade intragranular-Por em fragmento de rocha-Fr ocasionada por dissolução de feldspato na fácies ArnGmG Δ ba, fotomicrografia em nicóis paralelos da amostra BOQ-02.

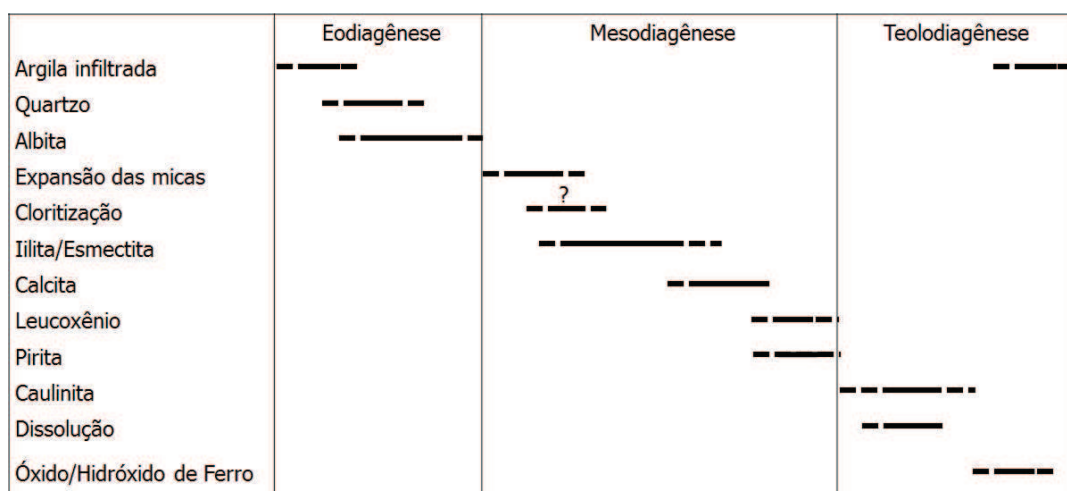


Figura 21: Paragênese diagenética para os litotipos descritos.

III.4 CONTEÚDO PALINOLÓGICO

Foram coletadas um total de cinco amostras para análise palinológica, uma da fácies FlhMO (BOQ 1), uma da fácies Slt Lent (BOQ 2), do afloramento Barreiras do Boqueirão, duas amostras da fácies Slt esv (CAM 1 e 2) e uma da porção mais fina da fácies ArnF pp/rp (CAM 3), pertencentes ao afloramento Morro de Camaragibe. Esse estudo visou a caracterização do tipo de matéria orgânica que adentrou a bacia durante a deposição e também procurou estabelecer uma idade relativa pelo método da palinologia. Por não se tratar de cilindros contínuos de rocha oriundos de furos de sondagem, nem de amostras de calha, ambos extraídos em poços, não foram utilizadas as primeiras e últimas ocorrências dos palinomorfos (miósporos) para a datação. Amostras pontuais de folhelhos e siltitos argilosos foram submetidas à datação a partir do surgimento de forma(s) guia(s) de palinomófica(s), miósporos, em fácies pelíticas sugestivas de afogamentos.

Para o afloramento de Morro de Camaragibe (Fig. 22), foram analisadas 3 amostras, todas consideradas estéril para a datação (CAM 1), ou por ausência efetiva de palinomorfos guias em fácies argilosas mais proximais (?), ou devido ao longo tempo de exposição do afloramento e/ou da matéria orgânica original a condições oxidantes, fazendo com que algum palinomorfo guia por ventura inicialmente depositado, hoje não esteja mais reconhecível. A análise de 2 destas amostras mostrou entretanto uma grande quantidade de fitoclastos, acusando maior proporção de sedimentos de origem continental, e menor quantidade de matéria orgânica amorfa de provável origem marinha, acusada pela presença de *Tasmanites sp* ?, um gênero do grupo das prasinofíceas (algas verdes marinhas) que se adaptam bem a condições ambientais de águas rasas e de baixa salinidade, conforme Combaz (1967). Essa informação corrobora com a configuração da Sub-bacia de Alagoas durante o Aptiano e com as interpretações sugeridas para a origem dos depósitos desse afloramento, um sistema turbidítico em uma bacia rifte, desenvolvido a partir de uma alimentação flúvio-deltaica, que adentra um lago já com alguma influência marinha.

Afloramento Morro de Camaragibe

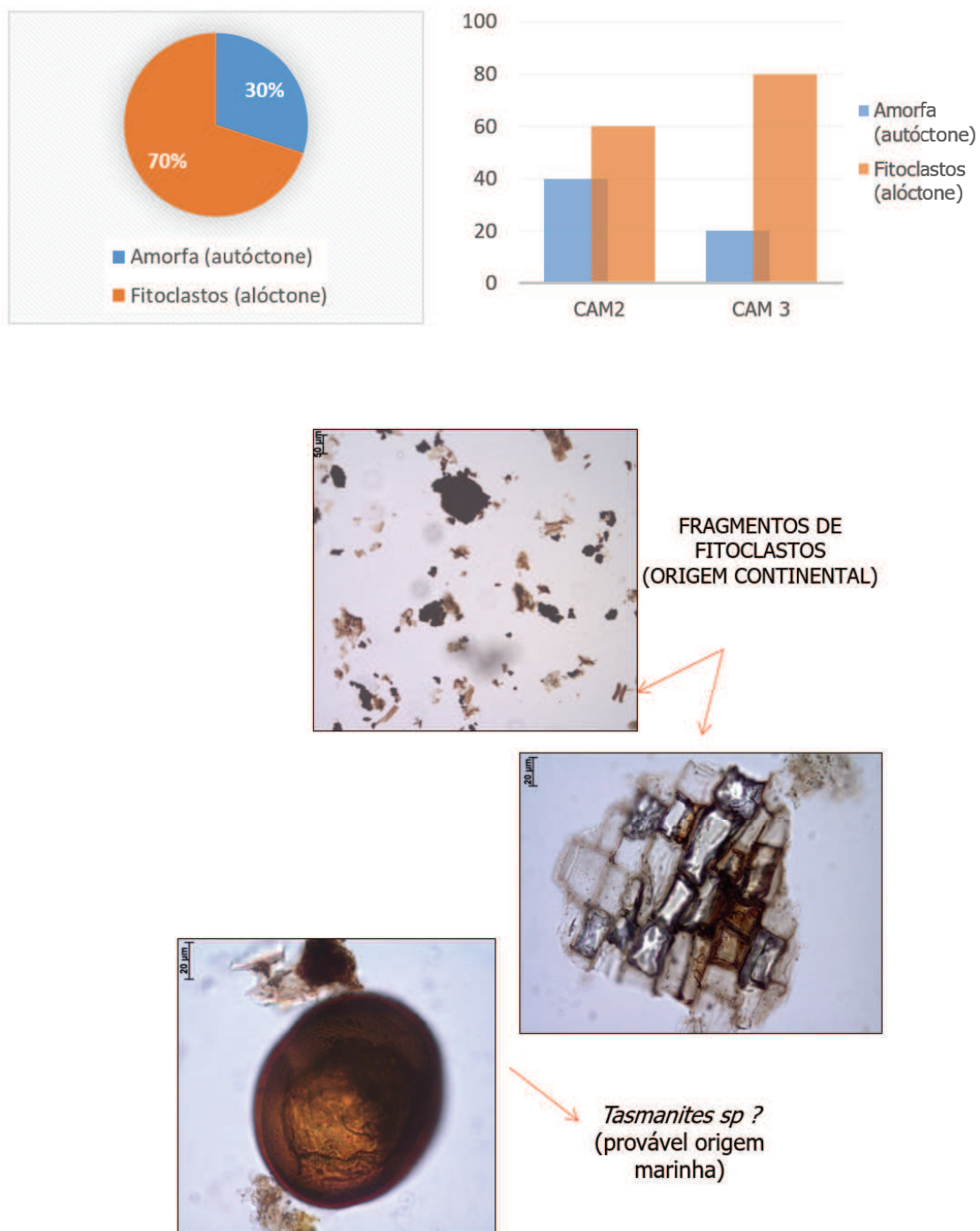
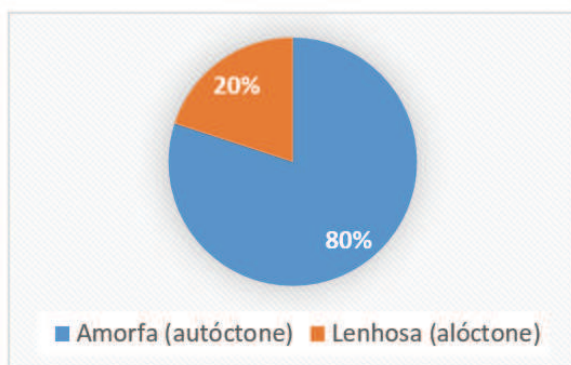


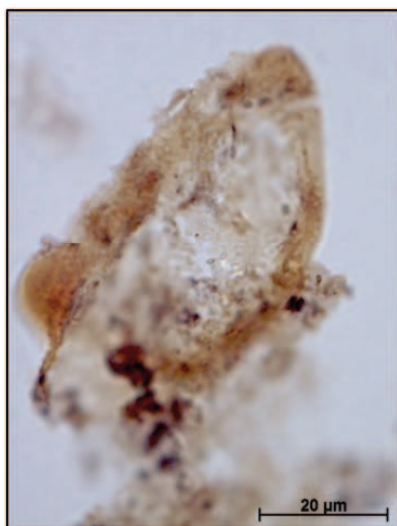
Figura 22: Quadro da análise de palinórfos para o afloramento de Morro de Camaragibe. O gráfico de barras mostra a abundância de matéria orgânica autóctone e alóctone por amostra analisada enquanto que o gráfico de pizza mostra a proporção média entre esses componentes. As fotomicrografias exibem alguns tipos de matéria orgânica encontrados.

Afloramento Barreiras do Boqueirão

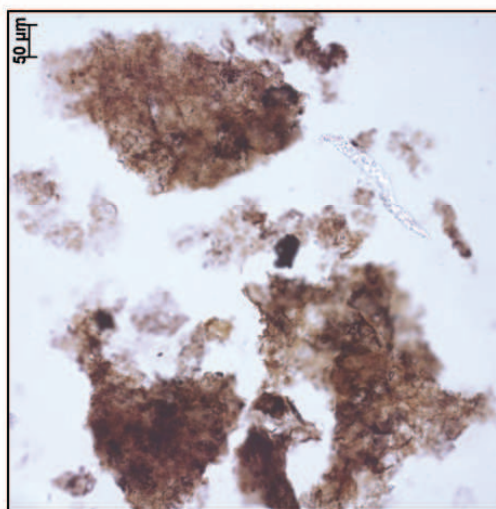
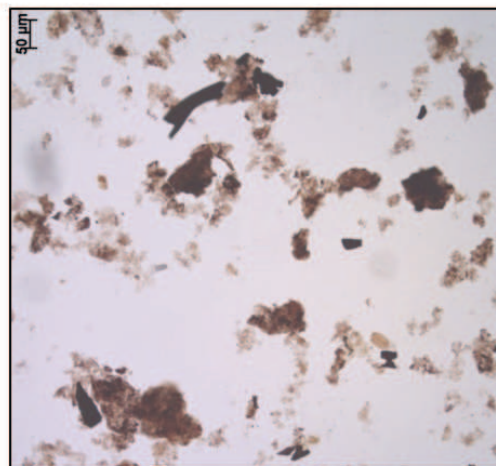


Sergipea tenuiverrucata

Espécie acessória para a caracterização da zona que determinou o Aptiano na área de estudo.



CRONOBIOESTRATIGRAFIA :
Zona *Dejaspollenites microfoveolatus?*,
de idade Aptiano superior,
adaptado de Regali & Santos (1999)



Matéria orgânica amorfa
(de possível origem marinha)

Figura 23: Quadro da análise de palinomorfos para o afloramento Barreiras do Boqueirão. O gráfico de pizza mostra a proporção média entre a quantidade de matéria orgânica autóctone e alóctone. As fotomicrografias exibem alguns tipos de matéria orgânica encontrados, com destaque para a *Sergipea tenuiverrucata*, que é característica do Aptiano Superior.

As análises realizadas nas lâminas do afloramento Barreiras do Boqueirão acusaram a amostra da fácies Slt Lent (BOQ 2) como estéril. Para a amostra da fácies FlhMO (BOQ 1) foi encontrada 80% de matéria orgânica continental, em relação à marinha (Fig. 23). A maior quantidade de matéria orgânica autóctone nesse afloramento sugere um período de menor aporte continental quando comparadas às amostras de Morro de Camaragibe. Além disso, nessa amostra foi encontrado o grão de pólen da espécie *Sergipea tenuiverrucata*, acessória para a caracterização da zona *Dejaspollenites microfoveolatus*, sugerindo uma deposição no Aptiano Superior para a área de estudo (aproximadamente entre 115,80 e 111,30 Ma).

Campos Neto *et al.* (2007) afirmaram que a deposição dos sedimentos da Formação Maceió limita-se ao Andar Eoalagoas (Aptiano Inferior), enquanto que no Neoalagoas (Aptiano Superior) ocorreu a deposição dos sedimentos da Formação Muribeca, como pode ser observado na carta estratigráfica das figuras 5 e 6 (capítulo 2).

Os dados de palinomorfos para as rochas do afloramento Barreiras do Boqueirão, apontam idade neoaptiana, portanto pertencente ao Neoalagoas. Como as análises palinológicas dos afloramentos estudados nessa dissertação não apresentam idades compatíveis aquelas atualmente publicadas para os litotipos da Formação Maceió, conforme literatura supracitada, então é possível exaltar duas hipóteses: (a) a carta estratigráfica da Sub-Bacia de Alagoas deve ser revisada de forma a ampliar o tempo deposicional da Formação Maceió, incluindo-a também no Neoaptiano; ou (b) esses afloramentos devem ser retificados e incluídos como representantes da Formação Muribeca, Membro Carmópolis, conforme descrito por Schaller (1969).

Souza-Lima (2015), em comunicação verbal, também coaduna com a hipótese dos afloramentos alvos deste estudo representar a sedimentação neoaptiana cronocorrelata a Formação Muribeca, e menciona que o contato entre ambas as unidades (Formação Maceió-Eoaptiana e Formação Muribeca-Neoaptiana) encontra-se na poção submersa sub-aflorante próximo aos afloramentos estudados, estando tal contato atualmente encoberto pelo mar e sedimentação recente, mas sendo sismicamente mapeável em profundidade, para *off shore*.

III.5 GEOQUÍMICA DE ROCHA TOTAL

Para esse estudo foram selecionadas cinco amostras para o estudo de geoquímica (Tab. 4), três do afloramento Praia de Japaratinga: JPT-01, fácies ArnCgl sig, JPT-02 e JPT-03, fácies Pcgl1; uma amostra do afloramento Barreiras do Boqueirão, BOQ-01 na fácies ArnGr ma-fl e uma do afloramento Morro de Camaragibe, fácies ArnMGr esv (CAM-09).

III.5.1 Elementos Maiores

A composição dos elementos maiores é reflexo da mineralogia das amostras analisadas. A média de SiO_2 nas amostras é cerca de 66,47% com maior proporção na amostra JPT-03 com 72,60% enquanto que a porcentagem média de Al_2O_3 nas amostras é de 13,27% com máximo de 15,86% na amostra JPT-01. As amostras têm uma razão média de $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ de 6,36 (Tab. 5).

Comparando os valores médios da crosta continental superior (*Upper Continental Crust* ou UCC) de Taylor & McLennan (1995) com a média das amostras (Fig. 24) observa-se valores de K_2O ligeiramente elevados para todas as amostras e uma depleção no restante dos elementos, especialmente para MnO, CaO e Na_2O , com exceção da amostra JPT-02 que apresenta MnO e CaO acima da média da crosta continental superior (Taylor & McLennan 1995), essa anomalia está de acordo com a proporção elevada de TOT/C, que incorpora esses elementos na formação de carbonatos nas rochas de granulometria mais fina, estando de acordo com a petrografia pois essa amostra corresponde à porção mais fina da fácies Pcgl1. Comparando esses resultados com a petrografia, observa-se uma tendência de maiores valores de Al_2O_3 nas fácies com maior proporção de illita-esmectita, correlacionando o aumento desse óxido ao grau de intemperismo.

Para medir o grau de intemperismo das amostras foram utilizados dois parâmetros (Tab. 4): (a) Índice de Alteração Química, CIA, (Nesbitt & Young 1982) e (b) Índice de Alteração do Plagioclásio, PIA, (Fedo *et al.* 1995). O CIA apresenta-se com uma média de 69,24, estando próximo ao valor médio do folhelho (cf. Nesbitt & Young 1982) o que indica grande alteração desses arenitos com presença de argilominerais de alteração, como foi constatado na descrição das lâminas petrográficas. Já a média do PIA foi de 88,77, indicando alto grau de

Tabela 4: Composição de rocha total das amostras selecionadas.

Amostra	JPT-01	JPT-02	JPT-03	BOQ-01	CAM-09
Fácies	ArnCgl sig	Pcgl1	Pcgl1	ArnGr ma-fl	ArnMGr esv
<i>%</i>					
SiO ₂	63,38	63,76	72,60	71,06	61,56
Al ₂ O ₃	15,86	10,89	12,16	13,48	13,96
Fe ₂ O ₃	3,82	2,06	2,24	1,63	3,90
MgO	1,41	1,12	1,03	1,25	3,10
CaO	0,12	6,40	0,12	0,14	1,82
Na ₂ O	0,40	1,34	0,48	1,14	1,68
K ₂ O	4,23	4,44	4,94	4,71	5,90
TiO ₂	0,73	0,24	0,28	0,40	0,65
P ₂ O ₅	0,21	0,08	0,08	0,07	0,35
MnO	<0,01	0,10	0,02	0,02	0,06
Cr ₂ O ₃	0,008	0,003	0,002	0,004	0,003
TOT/C	0,13	1,44	0,03	0,04	0,54
TOT/S	0,05	0,31	0,12	0,05	0,25
LOI	9,4	9,4	5,8	5,8	6,7
Total	99,56	99,81	99,79	99,70	99,72
<i>ppm</i>					
Ni	<20	22	23	<20	<20
Sc	9	3	3	5	8
Ba	2027	1075	1114	1344	1047
Be	9	6	2	<1	<1
Co	1,8	6,1	4,8	3,4	9,4
Cs	2,9	1,9	2,4	1,5	7,3
Ga	20,6	9,5	12,8	13,1	15,4
Hf	10,2	3,3	3,8	6,3	8,0
Nb	22,0	8,6	9,3	12,8	14,9
Rb	142,4	121,0	135,0	127,5	159,1
Sn	3	<1	2	8	2
Sr	227,5	146,2	122,2	160,6	188,7
Ta	1,9	0,8	1,3	1,7	1,4
Th	19,0	7,6	9,1	10,5	17,2
U	8,4	1,3	3,3	1,8	4,4
V	74	34	40	42	64
W	2,4	0,5	1,0	14,1	0,8
Zr	405,0	133,5	152,2	230,8	290,6
Y	49,9	9,2	10,6	37,8	21,0
Mo	0,3	0,4	0,5	0,2	0,6
Cu	14,5	3,9	5,7	3,7	38,4
Pb	30,2	6,4	8,3	8,4	6,0
Zn	13	27	53	49	60
Ni	2,8	12,6	7,4	6,2	19,5

Tabela 4: Composição de rocha total das amostras selecionadas. (Continuação)

Amostra	JPT-01	JPT-02	JPT-03	BOQ-01	CAM-09
Fácies	ArnCgl sig	Pcgl1	Pcgl1	ArnGr ma-fl	ArnMGr esv
<i>ppm</i>					
La	95,3	20,7	24,7	81,6	33,9
Ce	224,9	42,6	53,9	186,8	69,1
Pr	29,37	4,35	5,67	20,41	7,64
Nd	128,4	15,1	21,4	76,2	27,2
Sm	26,70	2,31	3,68	13,50	4,96
Eu	5,44	0,62	0,88	2,92	1,09
Gd	21,04	2,06	2,93	11,02	4,33
Tb	2,76	0,27	0,38	1,50	0,73
Dy	12,40	1,69	1,97	7,44	3,74
Ho	1,85	0,31	0,34	1,41	0,74
Er	4,21	0,87	1,10	3,25	2,19
Tm	0,55	0,14	0,14	0,54	0,33
Yb	3,55	1,06	1,02	3,43	2,31
Lu	0,52	0,15	0,15	0,51	0,36

Tabela 5: Índices de alteração para as amostras selecionadas.

Amostra	JPT-01	JPT-02	JPT-03	BOQ-01	CAM-09
Fácies	ArnCgl sig	Pcgl1	Pcgl1	ArnGr ma-fl	ArnMGr esv
CIA	77,43	65,08	69,17	69,74	64,79
PIA	96,73	82,13	93,78	88,50	82,70
K ₂ O/Na ₂ O	10,58	3,31	10,29	4,13	3,51
K ₂ O/Al ₂ O ₃	0,27	0,41	0,41	0,35	0,42

CIA=[Al₂O₃/(Al₂O₃+CaO*+Na₂O+K₂O)]×100 (Nesbitt e Young, 1982).

PIA=[(Al₂O₃-K₂O)/(Al₂O₃+CaO*+Na₂O-K₂O)]×100 (Fedo *et al.* 1995).

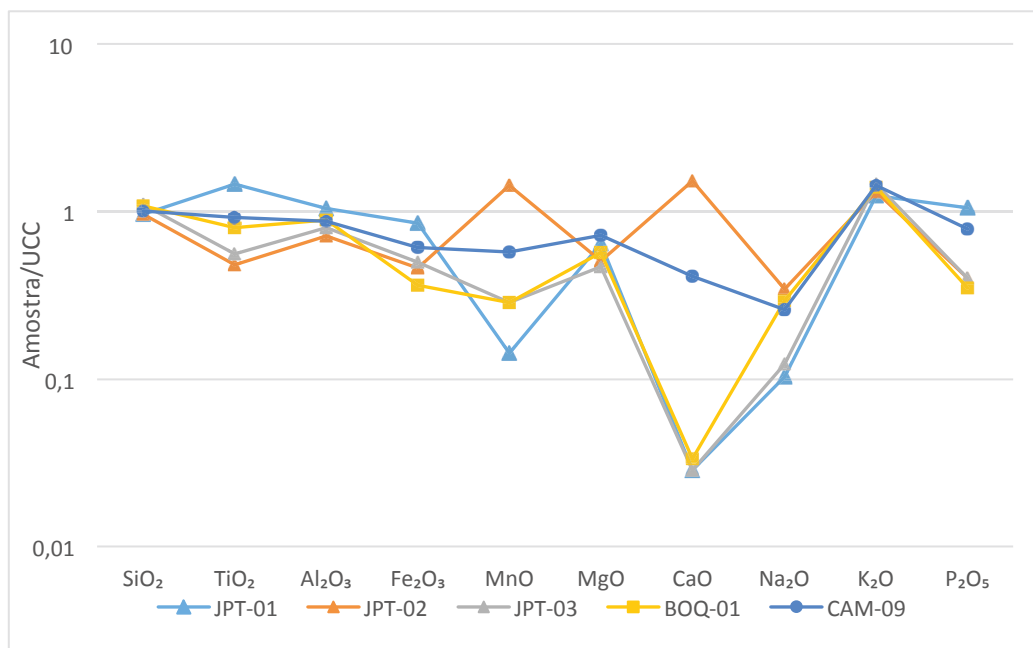


Figura 24: Gráfico de elementos maiores normalizados pela crosta continental superior (Taylor & McLennan 1995).

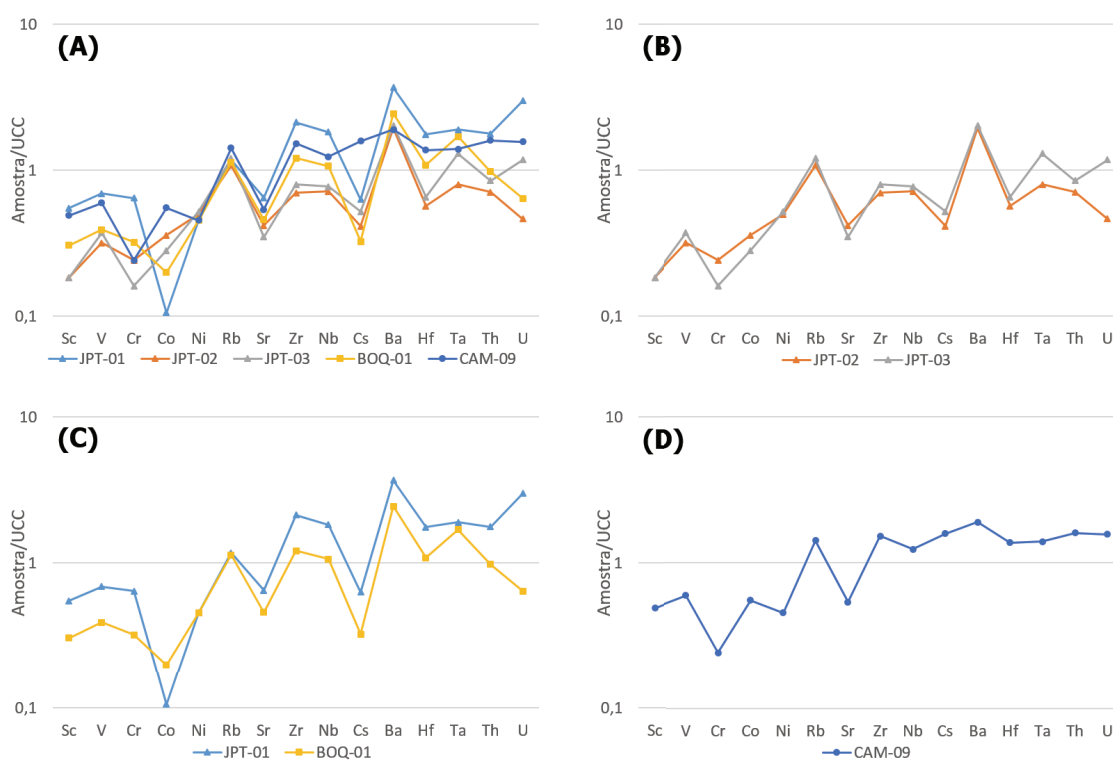


Figura 25: (A) Gráfico de elementos traços normalizados pela crosta continental superior (Taylor & McLennan 1995); (B) Padrões para as amostras JPT-02 e JPT-03; (C) Similaridade entre as amostras JPT-01 e BOQ-01; (D) Padrão da amostra CAM-09.

alteração dos plagioclásios, como também foi observado em microscopia óptica. Os elevados índice de alteração desses litotipos devem-se à exposição dos afloramentos à ação da telodiagênese.

III.5.2 Elementos Traço

Os elementos traço (Fig. 25) exibem um empobrecimento em metais de transição (Sc, V, Cr, Ni e Co) relativos à média da crosta continental superior para todas as amostras, o que pode ser indicativo de uma área fonte pobre em minerais ferro-magnesianos ou que esses elementos foram lixiviados pelos processos de intemperismo.

Para os elementos litófilos de alto raio iônico (LILE), com exceção do Cs, foi observado que as amostras exibem um enriquecimento dos mesmos. A depleção do Sr nas amostras, junto com o enriquecimento de Rb e Ba, está de acordo com a substituição e alteração dos feldspatos durante o intemperismo químico. Há uma correlação positiva entre Zr-Th e Nb-Ta, indicando que esses pares de elementos estão incorporados em zircão e minerais de titânio (cf. Jorge *et al.* 2013). Foi possível ainda identificar três grupos de amostras diferentes (Fig 25B, C e D) de acordo com a semelhança composicional das amostras (a) JPT-02 e JPT-03; (b) JPT-01 e BOQ-01 e (c) CAM-09 (Fig 25D), a semelhança entre JPT-01 e BOQ-01 corrobora com as interpretações de campo, dando mais argumentos para a correlação entre as fácies ArnCgl sig e ArnGr ma-fl.

Os elementos terras raras (ETRs, Tab. 4) foram normalizados pelo condrito de Nakamura (1974) e mostram que as amostras analisadas apresentam um enriquecimento maior em ETRs leves do que ETRs pesados (Fig. 26). A anomalia de Eu apresenta-se mais evidente nas amostras JPT-01, BOQ-01 e CAM-09 do que nas amostras JPT-02 e JPT-03. Os padrões apresentados permitem subdividir as amostras em dois grupos distintos (a) JPT-01, BOQ-01 e CAM-09 e (b) JPT-02 e JPT-03, sendo mais uma vez coerente com as interpretações estratigráficas pois, para as fácies correspondentes às amostras JPT-01, BOQ-01 e CAM-09 a paleocorrente indica um transporte para SW enquanto que para as amostras JPT-02 e JPT-03 a paleocorrente foi medida em sentido aproximadamente ortogonal para SE. Esses dados evidenciam uma provável diferença de áreas fontes para os dois grupos observados.

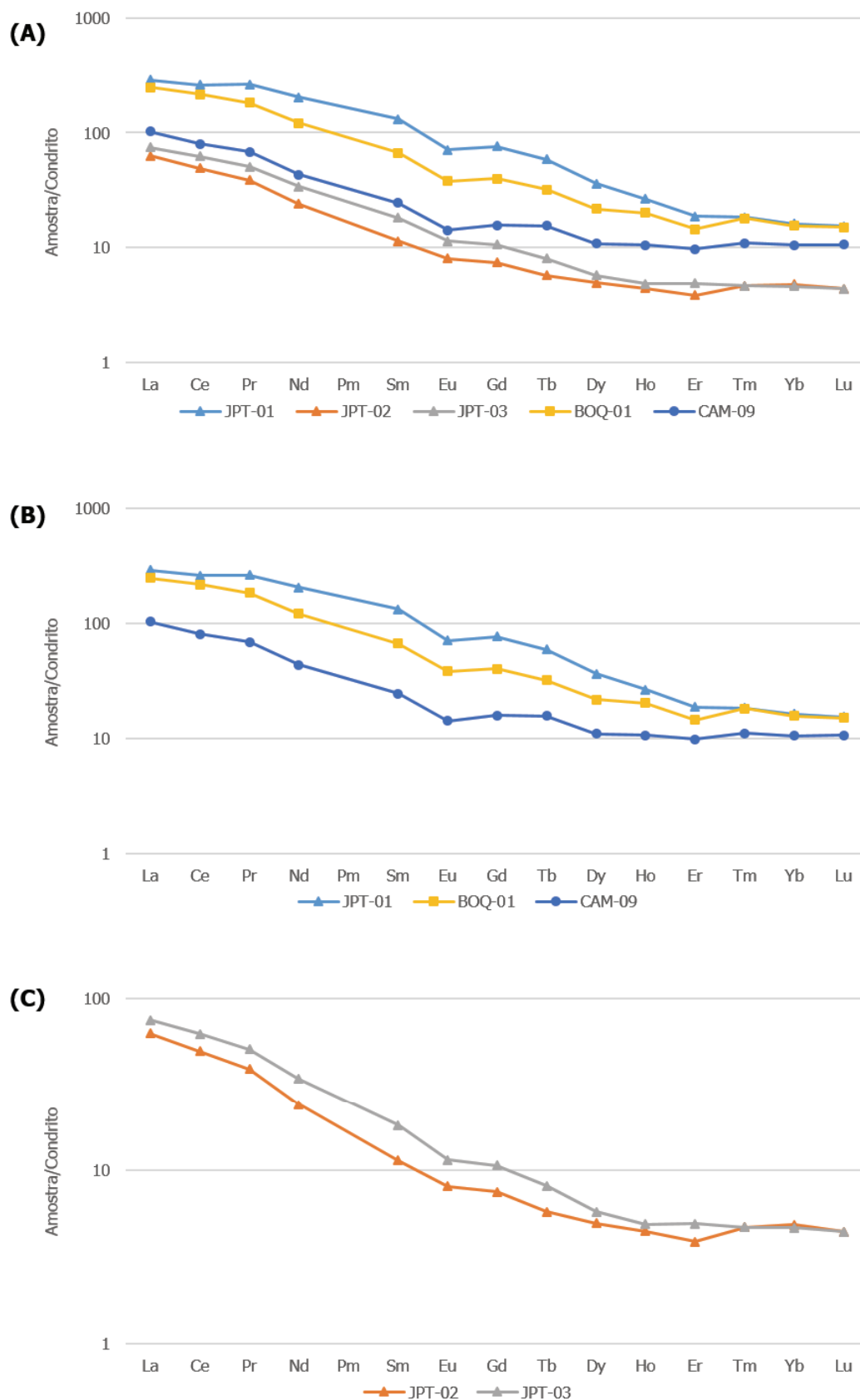


Figura 26: (A) Diagrama de elementos terras raras normalizado pelo condrito (Nakamura 1974); (B) Padrões para as amostras JPT-01, BOQ-01 e CAM-09; (C) Assinatura das amostras JPT-02 e JPT-03.

III.6 CARACTERIZAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS CRISTAIS DE ZIRCÃO

Foram selecionadas duas amostras para análise geocronológica: JPT-03, fácies Pcgl1, pertencente ao afloramento Praia de Japaratinga (representativa da sedimentação proveniente da borda oeste/noroeste da bacia – paleocorrentes para SE), e CAM-09, fácies ArnMG Esv, do afloramento Morro de Camaragibe (representativa da sedimentação com paleocorrente para SW). Os concentrados de zircão dessas amostras foram observados em microscópio eletrônico de varredura para a sua caracterização morfológica. Foram fotografados cinco zircões da amostra JPT-03 e seis zircões da amostra CAM-09.

Os zircões fotografados na amostra JPT-03 podem ser agrupados em três grupos morfológicos distintos (Fig. 27). O primeiro grupo apresenta cristais alongados cujos prismas apresentam-se maiores em relação às pirâmides dos cristais, com zoneamento ígneo bem marcado e bordas um pouco arredondadas (Fig. 27.A). O segundo grupo morfológico é apresentado também por cristais prismáticos alongados porém com ausência de zoneamento no interior do núcleo e com arestas bem definidas (Fig. 27.B). O último grupo é marcado por cristais bastante arredondados com faces e arestas praticamente ausentes, apresentando zoneamento pouco evidente (Fig. 27.C).

Os zircões da amostra CAM-09 foram agrupados em dois grupos morfológicos (Fig. 28). Ambos os grupos apresentam cristais prismáticos cujos primas se sobressaem em relação às pirâmides e apresentam zoneamento ígneo porém, o primeiro grupo mostra cristais prismáticos com faces um pouco arredondadas (Fig 28.A) enquanto que o segundo mostra cristais de faces e arestas retas (Fig. 28.B).

A diferença na morfologia dos zircões em ambas as amostras pode indicar diferentes áreas fontes para os mesmos. Cristais mais arredondados sugerem um maior transporte, ocasionando desgaste do cristal, podendo indicar duas situações: (i) maior distância da área fonte ígnea para um primeiro ciclo deposicional ou (ii) deposição de zircões que vieram de rochas sedimentares/metassedimentares e passaram por mais de um ciclo de deposição, havendo um arredondamento dos grãos.

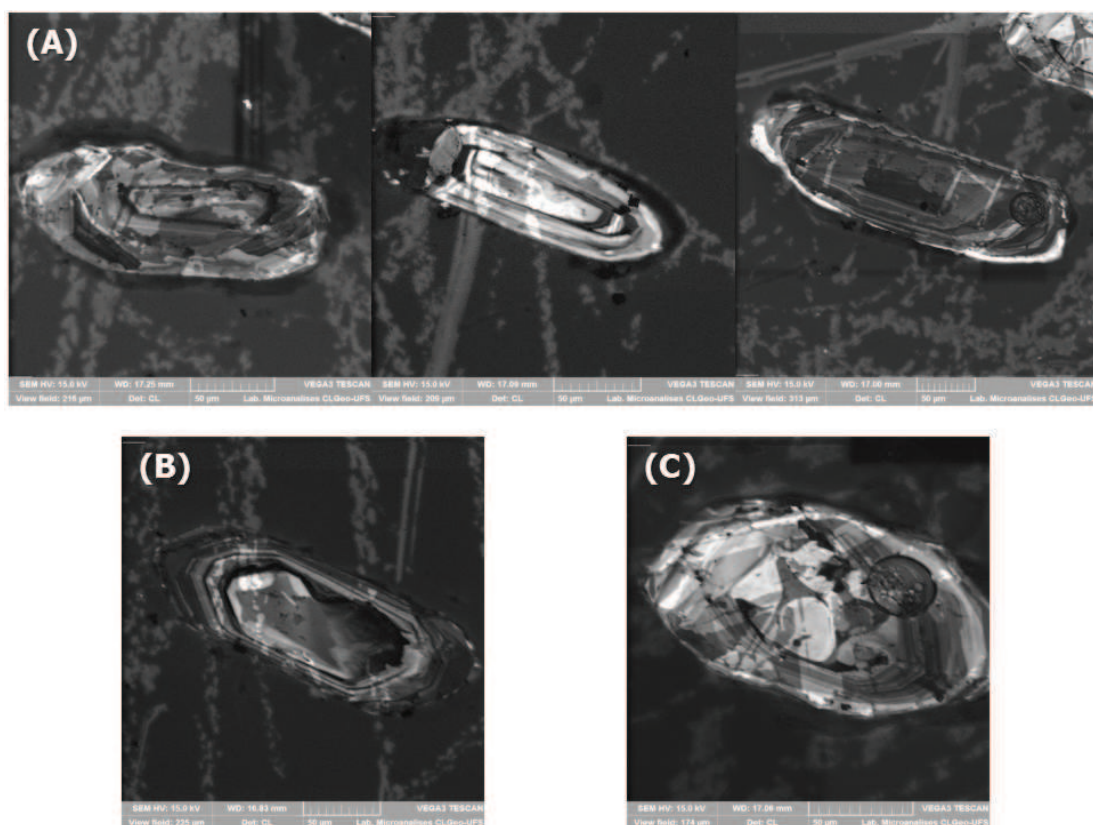


Figura 27: Imagens MEV de cristais de zircão da amostra JPT-03: (A) Zircões detritos com núcleo zonado e arestas moderadamente arredondadas; (B) Zircão detrito prismático com zonação nas bordas e ausência desta no núcleo, e (C) Zircão detrito com maior arredondamento e zonação pouco evidente.

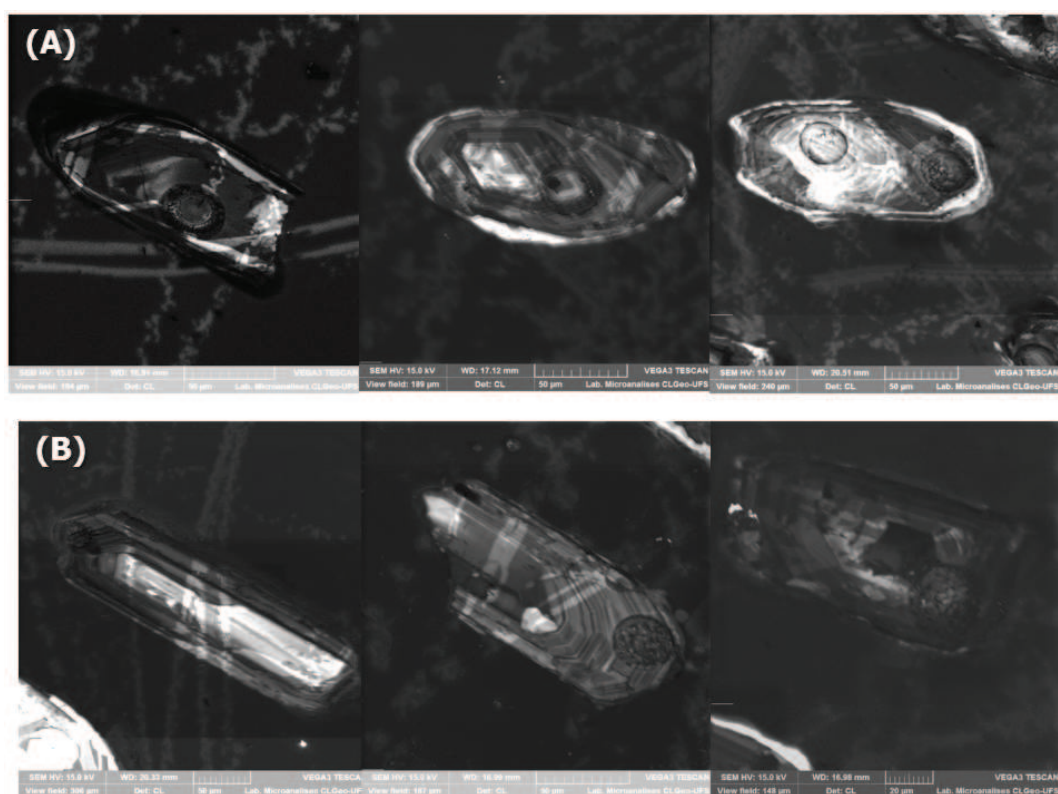


Figura 28: Imagens MEV de cristais de zircão da amostra CAM-09. (A) Zircões detritos com núcleo zonado e arestas arredondadas, e (B) Zircões detritos prismáticos e zonação interna preservada.

Para as morfologias da amostra JPT-03 tem-se que os zircões do grupo B são certamente ígneos de primeiro ciclo, enquanto que para os grupos A e C os cristais podem ser: (i) de uma área fonte ígnea mais distante e antiga; (ii) serem oriundos da reciclagem de rochas sedimentares da própria Sub-Bacia de Alagoas, ou (iii) provir de rochas da erosão de metassedimentares do embasamento cristalino presente na borda oeste da bacia.

Para os cristais da amostra CAM-09 a morfologia do grupo A indica um maior transporte dos zircões detritos, seja de fonte ígnea de primeiro ciclo ou de reciclagem de sedimentos/metassedimentos, enquanto que o grupo B indica fonte ígnea de primeiro ciclo.

Como foram fotografadas uma pequena amostragem de cristais em relação ao número total existente no *mount* é muito provável que hajam outros grupos morfológicos representados em ambas as amostras.

III.7 IDADES U-Pb DOS ZIRCÕES DETRÍTICOS

Para a análise geocronológica foram analisados um total de 84 cristais de zircão e 90 spots, com 64 spots utilizados para construção do histograma para a amostra JPT-01. Para a amostra CAM-09 foram analisados 74 cristais de zircão com 75 spots sendo 48 utilizados para a análise estatística. Conforme metodologia do laboratório do IGeo-USP para idades até 1300 Ma utilizou-se as razões $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ e, para idades superiores a esta, foram utilizadas as razões $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$. Os dados são apresentados em histogramas de frequência *versus* idades com concordância de $100 \pm 10\%$ e em diagrama de concórdia.

III.7.1 Idades dos Zircões Detríticos da Amostra JPT-03

A análise dos zircões detríticos da amostra JPT-03 (Tab. 6) mostra um espectro de idades variando amplamente, desde o Riachão (2199 Ma) ao Ediacarano (543 Ma), com uma concordância média de 99%. No histograma de idades e na curva de concórdia (Figs. 29 e 30) é possível distinguir quatro grupos de idades: 543 a 816 Ma (G1), 956 a 1019 Ma (G2), 1543 a 1632 Ma (G3) e 1731 a 2199 Ma (G4).

Tabela 6: Idades U-Pb (LA-ICP-MS) dos zircões detríticos da amostra JPT-03. Concordância (Con).

Grupo	SPOT	IDADES				Conc.
		T _{206/238}	1 sigma	T _{207/235}	1 sigma	
G1 [60,9%]	19,1	543	16	554	61	97
	9,1	548	5	555	18	98
	42,1	556	12	562	27	98
	52,1	576	20	588	51	97
	45,1	578	16	574	40	100
	73,1	584	8	589	22	99
	79,1	586	7	595	20	98
	67,1	593	8	586	22	101
	44,1	597	16	611	38	97
	46,1	598	14	599	32	99
	10,1	613	13	613	50	99
	65,1	616	10	609	26	101
	71,1	617	8	626	22	98
	17,1	619	7	615	22	100
	8,1	619	5	624	16	99
	37,1	620	12	620	23	99
	83,1	625	16	613	43	102
	1,1	630	6	633	18	99
	26,1	630	15	633	27	99
	41,1	632	12	625	21	101
	27,2	636	14	640	24	99
	15,1	637	8	628	25	101
	28,1	642	13	647	21	99
	33,1	643	13	655	22	98
	49,1	647	9	641	22	101
	3,1	653	6	639	19	102
	50,1	654	10	651	25	100
	7,1	660	9	648	30	101
	57,1	661	9	657	23	100
	20,1	665	18	661	61	100
	62,1	670	8	665	21	100
	31,1	671	17	686	31	97
	30,1	672	23	667	47	100
	68,1	679	13	664	32	102
	2,1	735	10	733	36	100
	43,1	792	22	784	47	101
	55,1	799	10	796	22	100
	56,1	799	10	796	22	100
	23,1	816	9	818	27	99
G2 [7,8%]	38,1	956	21	975	35	98
	75,1	973	14	991	28	98
	53,1	987	17	975	34	101
	74,1	988	13	969	26	101
	32,1	1019	26	1022	38	99
G3 [10,9%]	34,1	1516	24	1543	23	98
	11,1	1540	35	1524	69	101
	4,1	1571	13	1594	23	98
	11,2	1581	20	1609	38	98
	5,1	1585	20	1607	36	98
G4 [20,4%]	63,1	1636	22	1632	32	100
	25,2	1667	24	1731	21	96
	80,1	1797	18	1871	24	96
	36,1	1853	32	1912	29	96
	61,1	1869	19	1947	27	95
	36,2	1906	29	1937	22	98
	60,1	1941	19	1975	27	98
	16,1	1973	15	2007	22	98
	25,1	1985	29	2006	22	98
	81,1	2043	23	2067	28	98
	81,2	2067	25	2081	30	99
	82,1	2113	17	2130	23	99
	24,1	2183	23	2190	32	99
	21,1	2241	26	2200	35	101
	13,1	2253	17	2199	23	102

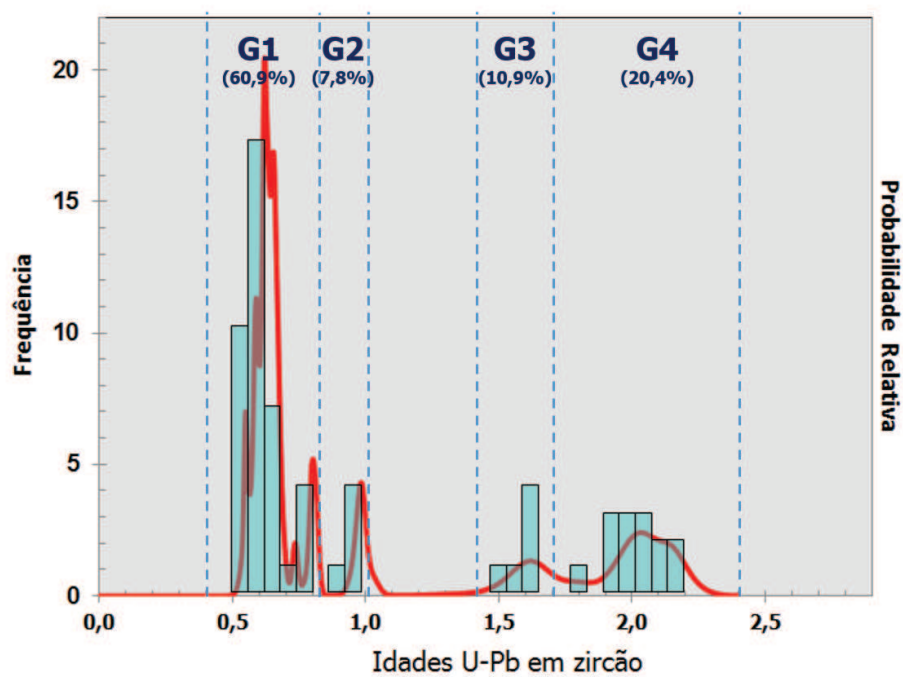


Figura 29: Diagrama Frequência *versus* Idade (Ga) dos zircões detríticos da amostra JPT-03.

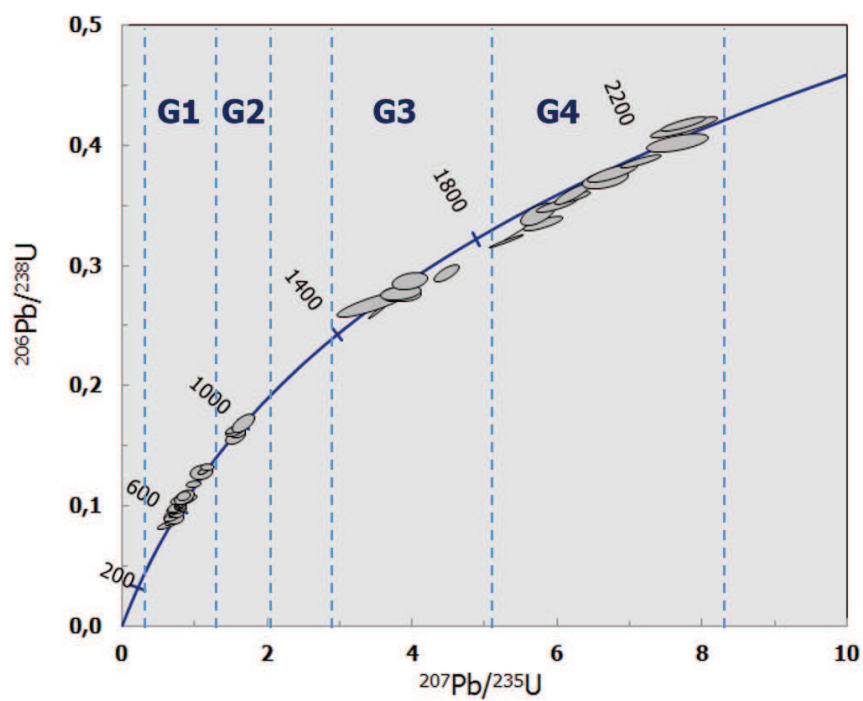


Figura 30: Diagrama Concórdia aplicado aos zircões detríticos da amostra JPT-03.

Os zircões de idade neoproterozoica são os mais abundantes, perfazendo um total de 68,7% das análises, com concordância média de 99,5% e engloba os conjuntos de idade G1 e G2. O primeiro grupo tem idades compreendidas entre o Criogeniano e Ediacarano, representando 60,9% do total de análises, com o maior pico de probabilidade em aproximadamente 620 Ma e outro pico menor em aproximadamente 800 Ma (Figs. 29 e 30). O grupo 2 (G2) apresenta idades tonianas, e equivale a 7,8% das análises, com pico de probabilidade em cerca de 980 Ma.

Zircões de idade mesoproterozoica são os mais escassos, representados pelo conjunto G3 com zircões calimianos, apresentando uma concordância média de 98,8% e um pico de probabilidade em torno de 1600 Ma. Os zircões paleoproterozóicos representam 20,4% do total de análises, com idades do Estateriano (uma amostra) e principalmente idades riacianas a orosianas, com um pico de probabilidade em aproximadamente 2050 Ma.

III.7.2 Idades dos Zircões Detríticos da Amostra CAM-09

A análise dos zircões detríticos da amostra CAM-09 (Tab. 7) mostra idades exclusivamente neoproterozóicas, incluindo amostras do Toniano (929 Ma) ao Ediacarano (568 Ma). Essas idades apresentam uma concordância média de 99,8%. Foi possível fazer a distinção de dois grupos de idades no histograma e no diagrama de concórdia (Figs. 31 e 32): 568 a 740 Ma (G1) e 812 Ma a 929 Ma (G2).

Os zircões do conjunto G1 são os mais abundantes, representando 89,6% das análises, compreendendo idades criogenianas a ediacaranas, com o pico de maior probabilidade em aproximadamente 640 Ma, exibindo outros picos de menores abundâncias em 580 Ma, 700 Ma e 740 Ma. O conjunto G2 é representado por apenas uma única análise com idade do Neocriogeniano (812 Ma), e zircões detríticos de idades tonianas, com um pico de probabilidade em aproximadamente 920 Ma.

Tabela 7: Idades U-Pb (LA-ICP-MS) dos zircões detríticos da amostra CAM-09. Concordância (Con).

GRUPO	SPOT	IDADES				Conc.
		T _{206/238}	1 sigma	T _{207/235}	1 sigma	
G1 [89,6%]	57,1	568	5	577	14	98
	67,1	577	6	586	17	98
	10,1	579	7	589	13	98
	9,1	581	7	583	13	99
	54,1	584	5	592	14	98
	6,1	586	6	597	11	98
	2,1	586	6	596	12	98
	68,1	598	7	601	18	99
	26,1	601	10	601	20	99
	16,1	604	13	595	23	101
	46,1	607	8	606	19	100
	7,1	608	7	611	13	99
	65,1	619	7	608	19	101
	14,1	625	14	628	24	99
	71,1	627	8	640	23	97
	8,1	629	12	627	24	100
	73,1	631	8	633	23	99
	36,1	632	10	629	21	100
	18,1	633	15	639	29	99
	72,1	633	6	619	18	102
	23,1	634	13	639	21	99
	22,1	635	13	638	22	99
	42,1	641	9	642	20	99
	4,1	642	6	644	11	99
	8,2	643	8	633	14	101
	15,1	646	11	643	16	100
	43,1	649	8	651	20	99
	51,1	649	10	648	24	100
	30,1	649	7	641	13	101
	52,1	651	8	643	21	101
	35,1	654	11	646	21	101
	61,1	656	12	663	32	99
	19,1	660	14	649	26	101
	1,1	674	7	659	12	102
	17,1	678	11	670	17	101
	32,1	684	12	686	25	99
	37,1	695	7	681	13	102
	3,1	697	9	683	16	102
	33,1	702	10	692	20	101
	50,1	709	9	699	19	101
	40,1	710	18	709	44	100
	25,1	715	20	703	39	101
	63,1	740	8	732	19	101
G2 [10,4%]	21,1	812	16	814	24	99
	44,1	867	13	845	27	102
	27,1	899	9	898	16	100
	59,1	923	8	901	17	102
	58,1	929	9	947	19	98

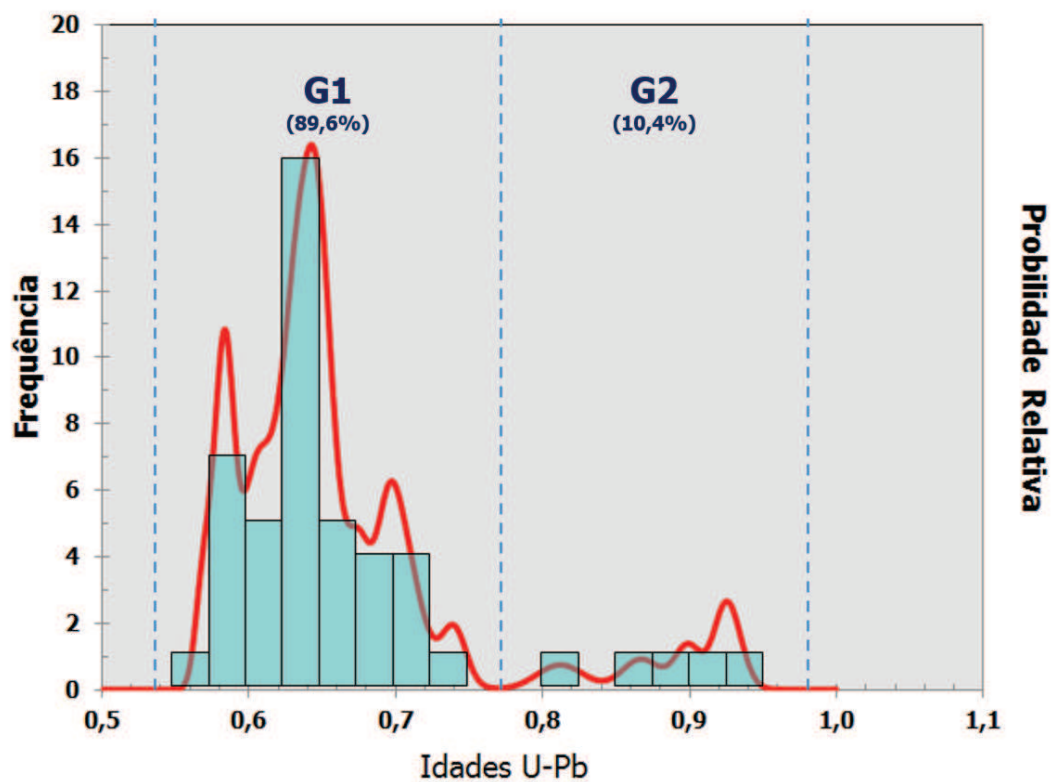


Figura 31: Diagrama Frequência *versus* Idade (Ga) dos zircões detríticos da amostra CAM-09.

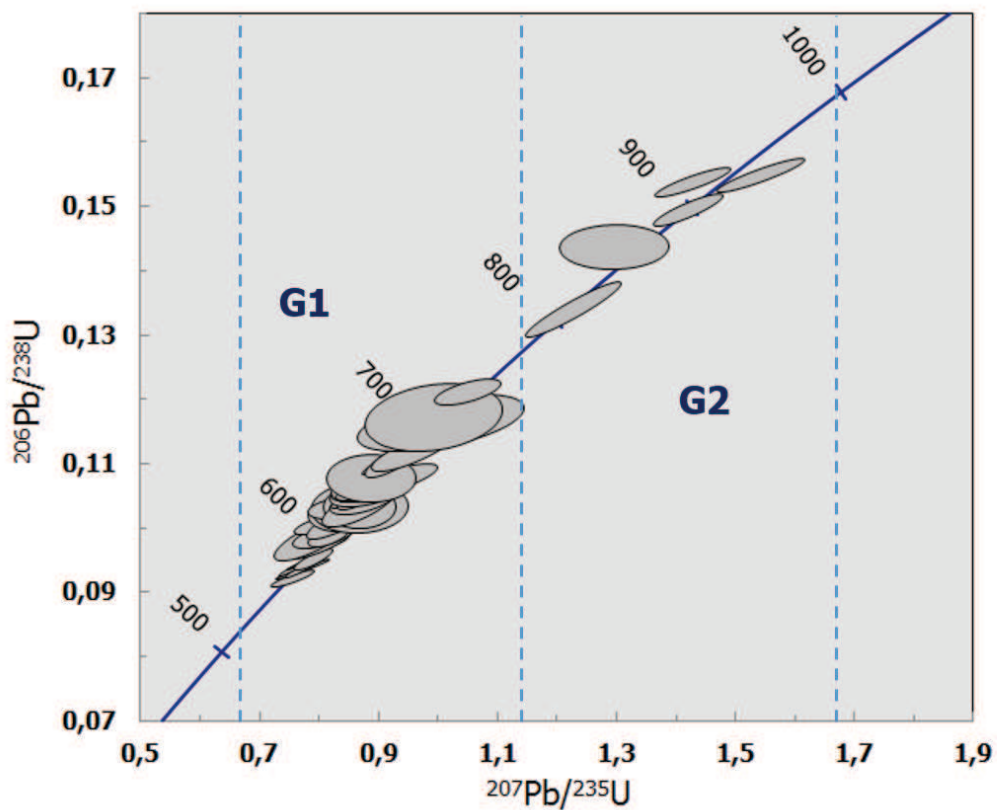


Figura 32: Diagrama Concórdia aplicado aos zircões detríticos da amostra CAM-09.

III.8 PROVENIÊNCIA DOS ZIRCÕES DETRÍTICOS

A análise dos zircões detríticos das amostras selecionadas mostra que a principal fonte de sedimentação no local possuía idade neoproterozóica, porém com contribuição de fontes meso- e paleoproterozóicas na amostra JPT-03. As idades encontradas são condizentes com idades de terrenos da Província Borborema.

Idades paleoproterozóicas são bem documentadas em toda a Borborema, sendo encontrados *inliers* do embasamento com idades paleoproterozóicas nos terrenos Central Ceará, Rio Piranhas, São José do Campestre e Pernambuco-Alagoas (Brito Neves 2011). Bacias extensionais surgiram no final do Paleoproterozóico, em alguns lugares até o Mesoproterozóico, caracterizadas pela deposição de sequências Vulcano-sedimentares, como por exemplo o Complexo Cabrobró no Domínio Pernambuco-Alagoas. O Mesoproterozoico Inferior é marcado por um período de estabilidade tectônica (Brito Neves *et al.* 2000) sendo documentado um pluton anorogênico com idade U-Pb de cerca de 1,5 Ga: o plúton de Serra da Taquaritinga (Estado de Pernambuco) no Terreno Rio Capibaribe, caracterizado por um augen-gnaiss com megacrístais de feldspato potássico.

As idades neoproterozóicas encontradas em ambas as amostras coincidem com os seguintes eventos tectônicos descritos por Brito Neves *et al.* (2014):

- Terrenos pré-Brasilianos das Orogenias Tonianas: expostos em grandes áreas da Província Borborema. Rochas datadas entre 1050 e 930 Ma são encontradas no Terreno Alto Pajeú e “subterreno” Riacho Gravatá com menores ocorrências nos domínios Transversal e Sul. Rochas tonianas também são expostas no norte (Belém do São Francisco, Cabrobró) e sul (Marancó, Poço Redondo) do Domínio Pernambuco-Alagoas (Brito Neves *et al.* 2014).
- Pulso Orogênico Brasileiro do Eo-Criogeniano (800 – 740 Ma): idade dos primeiros eventos de convergências de placas da “colagem” do Brasileiro. Na Borborema idades desse pulso são documentadas na porção leste do Arco Magmático de Santa Quitéria (oeste do Ceará), onde encontram-se granodioritos, metatexitos e diatexitos com idades entre 876 e 831 Ma.

- Pulso Orogênico Brasileiro do Neo-Criogeniano – Eo-Ediacarano (660 – 610 Ma): intervalo de tempo marcado por eventos pós-Rodínia e pré-Gondwana, com destaque para processos acrescionários e colisionais. Na Borborema um importante evento acrescionário é documentado no sistema Santa Quitéria-Tamboril, onde a maioria das rochas do Arco de Santa Quitéria são datadas de entre 640 e 610 Ma. Na Zona Transversal há uma série de arcos magmáticos com idades entre 650 e 620 Ma, a maioria localizados nos terrenos Piancó-Alto Brígida, Riacho Gravatá e Alto Pageú, sendo agrupados informalmente como “Arco Magmático Alto Sertão” (Brito Neves *et al.* 2014).
- Pulso Orogênico Brasileiro do Eo – Meso-Ediacarano (590 – 560 Ma): segundo Brito Neves *et al.* (2014) é caracterizado na Província Borborema por magmatismo granítico incluindo magmatismo alto potássico, peralcalino, ultrapotássico e raramente shoshonítico, com idades entre 590 e 570 Ma que sucederam o alojamento de tonalitos e granodioritos (“pulso 2”) relacionados provavelmente aos eventos do “Arco Magmático Alto Sertão”.

Apesar de haver idades correspondentes em granitos anorogênicos e terrenos metassedimentares do Sistema Orogênico Sergipano a proveniência dessa localidade foi descartada devido às direções de paleocorrentes obtidas em campo, apontarem áreas fontes a norte e noroeste do sítio deposicional (Fig. 33).

No Mapa de Recursos Minerais do Estado de Alagoas (Mendes *et al.* 2015, as possíveis fontes dos litotipos estudados estão indicadas por setas (Fig. 34). Nesse mapa é possível observar um terreno neoproterozóico (NP3γ2it) que corresponde a uma suíte granítica calcioalcalina a metaluminosa de alto potássio, constituída por granitos grossos a porfíricos com enclaves de quartzo-dioritos que se estende para norte no Estado de Pernambuco e para dentro do Estado de Alagoas e, conforme Angelim e Wanderley (2004), essa entidade é denominada de suíte Itaporanga. Brito Neves *et al.* (2003) discriminou os granitos tipo Itaporanga como granitos ricos em fenocristais de microclina, e os datou com idade de $584,5 \pm 2$ Ma para a localidade tipo no município de Itaporanga-PB.

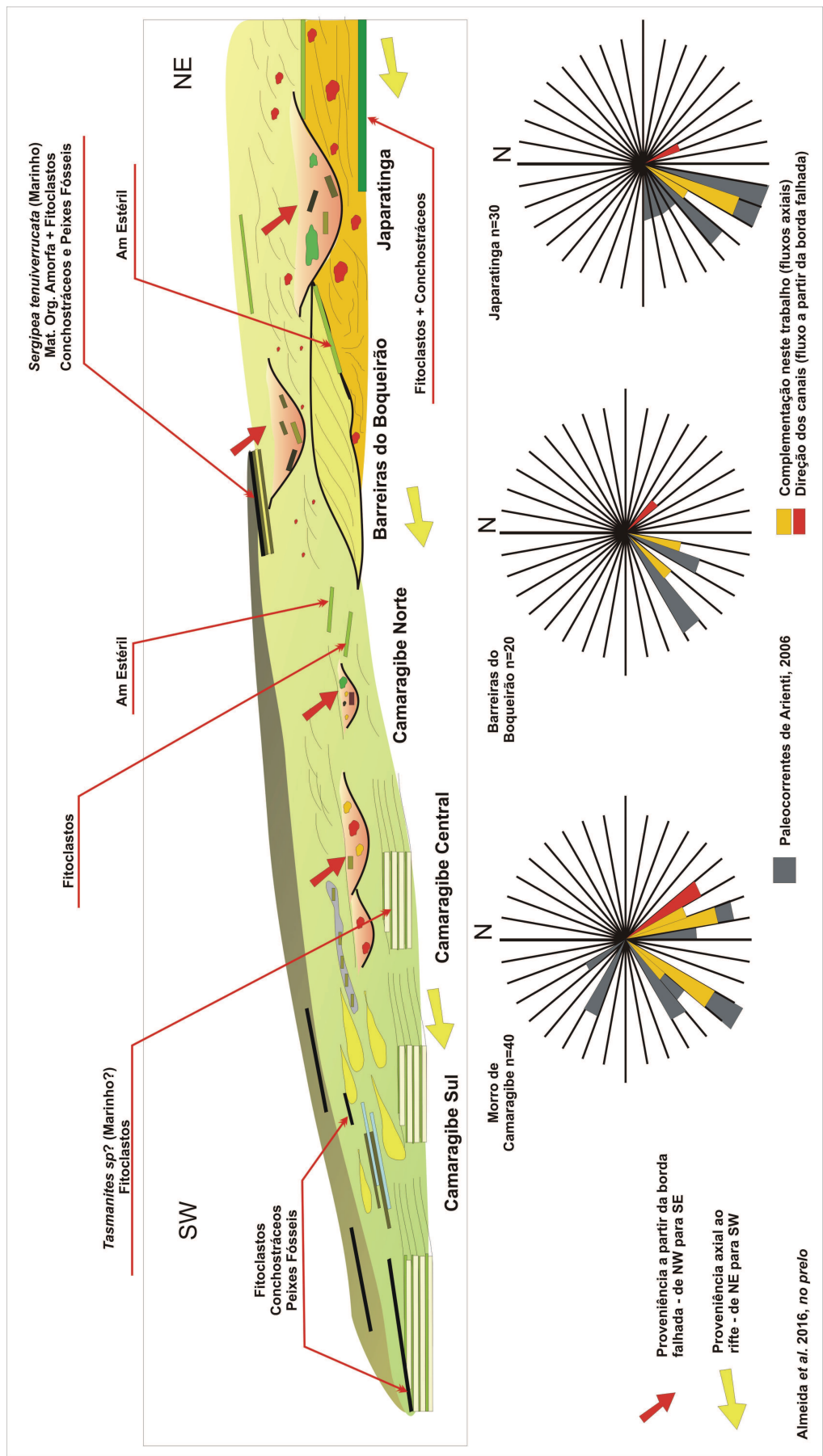


Figura 33: Seção esquemática dos afloramentos mostrando as principais direções de paleocorrentes e os aportes de sedimentos. Extraído de Almeida *et al.* no prelo.

Para a amostra JPT-03, as idades mesoproterozoicas e paleoproterozoicas, ainda no mapa de Mendes *et al.* (2015) correlacionam-se respectivamente: paragneisses migmatizados com intercalações de metamáficas, metagrauvacas, quartzitos, formação ferrífera, mármore e rochas calcissilicáticas do Complexo Cabrobó (MP3ca) e metagranitóides e ortogneisses com anfibólio e biotita, de composições tonalíticas, granodioríticas a graníticas do Complexo Belém do São Francisco (PP2bf).

A diferença nas idades para as amostras CAM-09 e JPT-03 ratifica os dados estratigráficos, onde as fácies ArnMGr esv e Pcgl1 apresentam direções de paleocorrentes diferentes, estando a deposição da primeira no sentido axial da Bacia Sergipe-Alagoas enquanto que a segunda vinha de fontes da borda falhada, durante a abertura do rifte no Aptiano (Figs.33 e 34).

CAPÍTULO IV

CONSIDERAÇÕES FINAIS

IV.1 CONCLUSÕES

Os resultados demonstrados nessa pesquisa permitiram estabelecer as seguintes conclusões:

- Os afloramentos estudados fazem parte de um sistema fluvio-deltaico-turbidítico que foram depositados através de, no mínimo, duas direções de fluxo distintas com paleocorrentes SW e SE, com áreas fontes a NE e NW, respectivamente da direção axial ao rifte aptiano e da sua borda falhada.
- A petrografia aponta principalmente fontes graníticas para os sedimentos estudados e mostra grande grau de intemperismo nos litotipos, com dissolução de feldspatos e substituição dos mesmos e da matriz por argilominerais.
- A análise palinológica sugere uma idade de deposição entre 115,80 e 111,30 Ma para os sedimentos do afloramento Barreiras do Boqueirão. Esses são referenciados na literatura como pertencentes à Formação Maceió, que tem idade aptiana inferior a médio. Caso estudos posteriores confirmem essa idade, tais exposições pertencem à Formação Muribeca, que possui idade aptiana superior.
- As análises químicas mostram diferença nos padrões de elementos traços e terras raras para as amostras com paleocorrente SW em relação às amostras coletadas nas fácies com paleocorrente SE, indicando diferentes áreas fontes.
- A assinatura geoquímica das fácies com direção SW, tanto no afloramento de Praia de Japaratinga (Arenito médio a grosso com estratificação sigmoidal de grande porte – ArnMG sig) como Barreiras do Boqueirão (Arenito grosso maciço a fluidizado – ArnGr ma-fl), são extremamente parecidas, indicando que devem ser cogenéticas.

- As idades em zircão detrítico confirmam a existência de pelo menos três terrenos distintos como áreas fontes para os sedimentos estudados. A amostra da fácies Arenito médio a grosso esverdeado (ArnMGr esv) pertencente ao afloramento Morro de Camaragibe, com direção de paleocorrente SW apresenta contribuição apenas de terrenos neoproterozóicos, com maior contribuição de sedimentos do segundo pulso de orogenias do Brasileiro (entre 660 e 610 Ma), havendo também zircões com idades do primeiro pulso do brasileiro (800 a 740 Ma) e tonianas. Para a amostra da fácies Paraconglomerado alaranjado (Pcgl1), de direção de paleocorrente SE na exposição da Praia de Japaratinga, a principal contribuição também foi neoproterozoica, com o mesmo padrão de idades da amostra da fácies ArnMGr esv, porém há também contribuição de terrenos mesoproterozóicos e paleoproterozóicos em menores proporções.
- As morfologias dos zircões datados podem representar essa diversidade de terrenos. Os zircões mais arredondados estariam associados a terrenos mais antigos, paleo- ou mesoproterozóicos, enquanto que zircões com maior preservação de faces seriam associados a idades neoproterozóicas.
- Correlacionando as idades obtidas com as idades apresentadas em Mendes *et al.* (2015) e Angelim e Wanderley (2004), juntamente com os dados de campo, sugere-se como prováveis áreas fontes dos sedimentos os terrenos da suíte Itaporanga (neoproterozóico), paragnaisses migmatizados com intercalações de metamáficas, metagrauvacas, quartzitos, formação ferrífera, mármore e rochas calcissilicáticas do Complexo Cabrobó (mesoproterozóicos) e metagranitóides e ortognaisses com anfibólio e biotita, de composições tonalíticas, granodioríticas a graníticas do Complexo Belém do São Francisco (paleoproterozóicos).

IV.2 RECOMENDAÇÕES

Embora tenha se obtido uma idade palinológica eoapitiana (entre 115,80 a 111,30 Ma) para os folhelhos pretos do afloramento Barreiras do Boqueirão, é necessária a confirmação dessa idade pelo mesmo método, também nos folhelhos pretos do Afloramento Morro de Camaragibe, ainda não datados. Sugere-se assim que estudos detalhados de palinologia/palinofácies sejam realizados ainda em algumas lentes de folhelhos verdes que ocorrem nos 03 afloramentos estudados, e que sugere superfícies descontínuas de afogamentos. Em uma única amostra analisada observou-se presença de palinomorfos amorfos marinhos, apontando para incursões discretas do mar, no final dessa sedimentação rifte aptiano, que podem ser melhor caracterizadas posteriormente.

Um estudo sistemático das morfologias/idades de zircões deve ser continuado considerando sempre as fácies deposicionais e suas principais direções de paleocorrente, de forma a se obter uma interpretação mais robusta para as duas direções de aporte. Um estudo de minerais pesados e a geoquímica das granadas presentes nesses sedimentos também podem auxiliar na caracterização de mudança de área fonte.

Por fim, um estudo aprofundado das idades dos terrenos do embasamento adjacentes à Sub-Bacia de Alagoas, é de suma importância para comparação das assinaturas geoquímicas e idades de zircão para uma maior acuracidade entre as idades dos zircões detrítitos encontrados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu C.J. & Potter P.E. 1990. Tipos e distribuição de arenitos do Membro Maceió, Cretáceo da Bacia de Sergipe-Alagoas, NE do Brasil. Rio de Janeiro, *Boletim de Geociências da Petrobras*, **4**(3):315-336.
- Almeida G.M., Menezes M.R.F., Oliveira M.A., Rosa M.L.S. no prelo. Idade Palinológica da sedimentação aptiana aflorante na porção norte da Sub-Bacia de Alagoas (título provisório).
- Angelim L.A.A. & Wanderley A.A. 2004. Folha SC.25-Recife. **In:** Schobbenhaus C., Gonçalves J.H., Santos J.O.S. Abram M.B., Leão Neto, R., Matos G.M.M., Vidotti R.M. Ramos M.A.B., Jesus, J.D.A. de. (eds.), 2004. *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil*. CPRM, Brasília. CD-ROM.
- Arienti L.M. 1996. *Análise estratigráfica, estudos de fluxos gravitacionais e geometria dos depósitos "rift" da Formação Maceió e Formação Poção, Bacia de Alagoas*. PhD Thesis, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 398 p.
- Arienti L.M. 2006. Depósitos de fluxos gravitacionais da Formação Maceió - Bacia de Alagoas, NE do Brasil. Rio de Janeiro, *Boletim de Geociências da Petrobras* **14**(2):357-385.
- Brito Neves B.B. 2011. The Paleoproterozoic in the South American continent: Diversity in the geologic time. *Journal of South America Earth Sciences*, **32**:270-286.
- Brito Neves B.B., Santos E.J., Van Schmus W.R. 2000 Tectonic History of the Borborema Province, Northeastern Brazil. **In:** Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz Filho A., Campos D.A. 2000. *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro, 151-182p.
- Brito Neves B.B., Passarelli C.R., Basei M.A.S., Santos E.J. 2003. Idades U-Pb em zircão de alguns granitos clássicos da Província Borborema. *Geol. USP Sér. Cient.*, São Paulo, **3**:25-38.
- Brito Neves B.B., Fuck R.A., Pimentel M.M. 2014. The Brasiliano collage in South America: a review. *Brazilian Journal of Geology*, **44**(3):493-518.
- Campos Neto, O.P.A., Souza-Lima, W., Cruz, F.E.G. 2007. Bacia de Sergipe-Alagoas. Rio de Janeiro, *Boletim de Geociências Petrobras*, **15**(2):405-415.
- Carrera S.C. 2015. *Arquitetura deposicional e proveniência da Formação Marizal nas sub-bacias Tucano Sul e Central, BA*. MS Dissertation, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 147p.
- Combaz A. 1967. Leiosphaeridaceae Eisenack, 1954, et Protoleiosphaeridae Timofeev 1959 – leurs affinités, leur rôle sédimentologique et géologique. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **1**:309-321.

- Cruz L.R. 2008. *Caracterização Tectono-Estratigráfica da Sequência Transicional na Sub-Bacia de Sergipe*. PhD Thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 169 p.
- D'Ávila R.S.F., Arienti L.M., Aragão M.A.N.F., Vesely F.F., Santos S.F., Voelcker H.E., Viana A.R., Kowsmann R.O., Moreira J.L.P., Coura A.P.P., Paim P.S.G., Matos R.S.M., Machado L.C.R. 2008. Ambientes Profundos: Sistemas Turbíticos *In: Silva A.J.C.L.P., Aragão M.A.N.F., Magalhães A.J.C. (coord.) Ambientes de Sedimentação Siliciclástica do Brasil*. São Paulo, Editora Becca, p.244-301.
- Deer W.A., Howie, R.A., Zussman J. 1966. *Minerais constituintes das rochas – uma introdução*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 581 p.
- Dickinson W.R. 1985. Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones. *In: Zuffa, G.G. (ed.) Provenance of Arenites*. Dordrecht, Germany, D. Reidel Publishing Company, p. 333-361.
- Dickinson W.R. & Suzek C.A. 1979. Plate tectonics and sandstone composition. *AAPG Bulletin*. **63**:2164-2182.
- Falkenheim F.U.H. (coord.). 1986. *Análise da Bacia de Sergipe-Alagoas*. Relatório interno da PETROBRAS s/n, Aracaju. PETROBRAS/DEPEX/CENPES, 210p.
- Fedo C.M., Nesbitt H.W., Young G.M. 1995. Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance. *Geology*, **23**(10):921-924.
- Feijó F.J. 1994. Bacias de Sergipe e Alagoas. Rio de Janeiro, *Boletim de Geociências Petrobras*, **8**(1):149-161.
- Floyd P.A., Shail R., Leveridge B.E., Franke W. 1991. Geochemistry and provenance of Rhenohercynian synorogenic sandstones: implications for tectonic environment discrimination. **In: Morton A.C., Todd S.P., Haughton P.D.W. eds 1991. Developments in Sedimentary Provenance Studies**. Geological Society Special Publication n.57. 173-188 p.
- Folk R.L. 1968. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Company. Austin, Texas, 184p.
- Janoušek V., Farrow C.M., Erban V. 2006. Interpretation of Whole-Rock Geochemical Data in Igneous Geochemistry: Introducing Geochemical Data Toolkit (GCDKit). *Journal of Petrology*, **47**:1255-1259.
- Jorge R.C.G.S., Fernandes P., Rodrigues B., Pereira Z., Oliveira J.T. 2013. Geochemistry and provenance of the Carboniferous Baixo Alentejo Flysch Group, South Portuguese Zone. *Sedimentary Geology*. **284-285**:133-148.
- Kerr P.F. 1977. *Optical Mineralogy*. McGraw-Hill, Inc. 493 p.

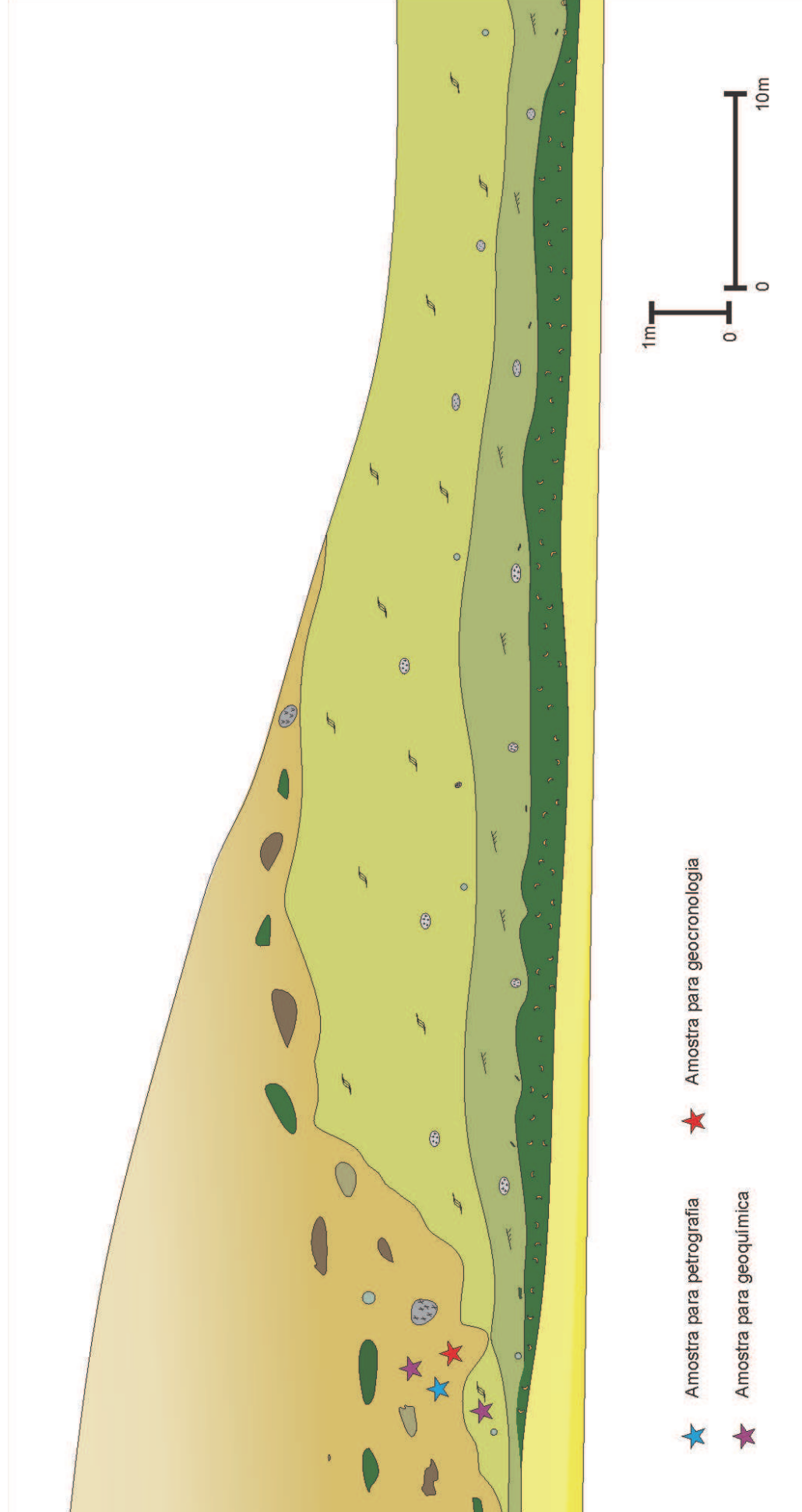
- Košler j. 2008. Laser ablation sampling for concentration and isotope ratio analyses by ICP-MS *In: Sylvester P. (ed.) Laser Ablation ICP-MS in the Earth Sciences: Current Practices and Outstanding Issues*. Short Courses Series Volume 40, 4, St. John's, New Foundland, Mineralogical Association of Canada, p. 79-92.
- Lana M.C. 1990 Bacia de Sergipe Alagoas: Uma hipótese de evolução tectono-sedimentar. *In: Gabaglia, R. & Milani, E.J. (eds.) Origem e evolução das bacias sedimentares*, Petrobrás, p. 311-332.
- Lana C.C. 1997. *Palinologia e Estratigrafia Integrada da Seção Cenomaniano Médio-Turoniano Inferior da Porção Centro-Leste da Bacia Potiguar, NE do Brasil*. MS Dissertation, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 39p.
- Lira A.R.A. 2004. *Caracterização em multiescala de análogos de reservatórios da Formação Maceió (Aptiano da Bacia de Alagoas), nas regiões de Japaratinga e Morro de Camaragibe – AL*. PhD Thesis. Centro de Tecnologia e Geociências, Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 184p.
- Magalhães P.M., Tinterri R. 2010. Stratigraphy and depositional setting of slurry and contained (reflected) beds in the Marnoso-arenacea Formation (Langhian-Serravallian) Northern Apennines, Italy. *Sedimentology*, **57**(7): 1685–1720.
- Mendes V.A., Lima M.A.B., Morais D.M.F., Silva C.R.M. 2015. *Mapa de Recursos Minerais do Estado de Alagoas*. Escala 1:250.000. Recife: CPRM.
- Mohriak W.U., Bassetto M., Vieira I.S. 1997. Observações sobre a carta estratigráfica e a evolução tectono-sedimentar das bacias de Sergipe e Alagoas. Rio de Janeiro, *Boletim de Geociências da Petrobras*, **11**(1):84-115.
- Mutti E., Tinterri R., Remancha E., Mavilla N., Angella S., Fava L. 1999. *An Introduction to the Analysis of Ancient Turbidite Basins from na Outcrop Perspective*. AAPG Continuing Education Course Note Series #39, 61p.
- Mutti E., Tinterri R., Benevelli G., di Biase D., Cavanna G. 2003. Deltaic, mixed and turbidite sedimentation of ancient foreland basins. *Marine and Petroleum Geology*. **20**: 733-755.
- Nakamura N. 1974. Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na, and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta*. **38**:757–775.
- Nascimento M.C. & Lima Filho M. 2005. Fácies da Formação Maceió (Aptiano-Albiano) na porção norte da Bacia Alagoas. *Estudos Geológicos* **13**:217-233.

- Nesbitt H.W. & Young G.M. 1982. Early Paleoproterozoic climates and plate motion inferred from major elements chemistry of lutites. *Nature* **299**:715-717.
- Nesse W.D. 2004. *Introduction to Optical Mineralogy*. New York, Oxford University Press, 350 p.
- Ojeda H.A. & Fugita A.M. 1974. Bacia Sergipe/Alagoas - Geologia regional e perspectivas petrolíferas. In: XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre, *Anais* **1**:137-158.
- Oliveira M.A. 2011. *Análise palinológica, bioestratigráfica e paleoambiental dos sedimentos Maastrichtianos/Paleocenos da Bacia da Paraíba*. MS Dissertation. Centro de Tecnologia e Geociências, Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 108p.
- Remus M.V.D., Souza R.S., Cupertino J.A., De Ros L.F., Dani N., Vignol-Lelarge M.L. 2008. Proveniência sedimentar: métodos e técnicas analíticas aplicadas. *Revista Brasileira de Geociências*, **9**(2):166-185.
- Regali M.S.P. & Santos P.R.S., 1999. Palinoestratigrafia e geocronologia dos sedimentos Albo-Aptianos das bacias de Sergipe e de Alagoas. *Boletim do 5º Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil*, Serra Negra-SP, 411-420p.
- Schaller H. 1969. Revisão estratigráfica da Bacia de Sergipe/Alagoas. Rio de Janeiro, *Boletim Técnico Petrobrás*, **12**(1):21-86.
- Sial A.N., Gaucher C., Silva Filho, M.A., Ferreira V.P., Pimentel M.M., Lacerda L.D., Silva Filho E.V., Cezario W. 2010. C-, Sr-isotope and Hg chemostratigraphy of Neoproterozoic cap carbonates of the Sergipano Belt, Northeastern Brazil. *Precambrian Research*. **182**:351-372.
- Silva Filho A.F., Guimarães I.P., Van Schmus W.R. 2002. Crustal Evolution of the Pernambuco-Alagoas Complex, Borborema Province, NE Brazil: Nd Isotopic Data from Neoproterozoic Granitoids. *Gondwana Research*. **5**(2)409-422.
- Silva Filho A.F., Gomes H.A., Osako L.S., Guimarães I.P., Brasil E.A., Lima D.R., Cocentino L., Villaverde V.G.R., Vasconcelos V.L. 2008. *Geologia da Folha de Garanhuns- SC.24-X-B-VI, escala 1:100.000: nota explicativa*. Programa Geologia do Brasil: Levantamentos Geológicos Básicos. Pernambuco/Alagoas, UFPE/CPRM.
- Silva Filho A.F., Guimarães I.P., Van Schmus W.R., Armstrong R.A., Rangel da Silva J.M., Osako L.S., Concentino L.M. 2014. SHRIMP U-Pb zircon geochronology and Nd signatures of supracrustal sequences and orthogneisses constrain the Neoproterozoic evolution of the Pernambuco-Alagoas domain, southern part of Borborema Province, NE Brazil. *International Journal of Earth Sciences*. **103**(8):2155-2190.

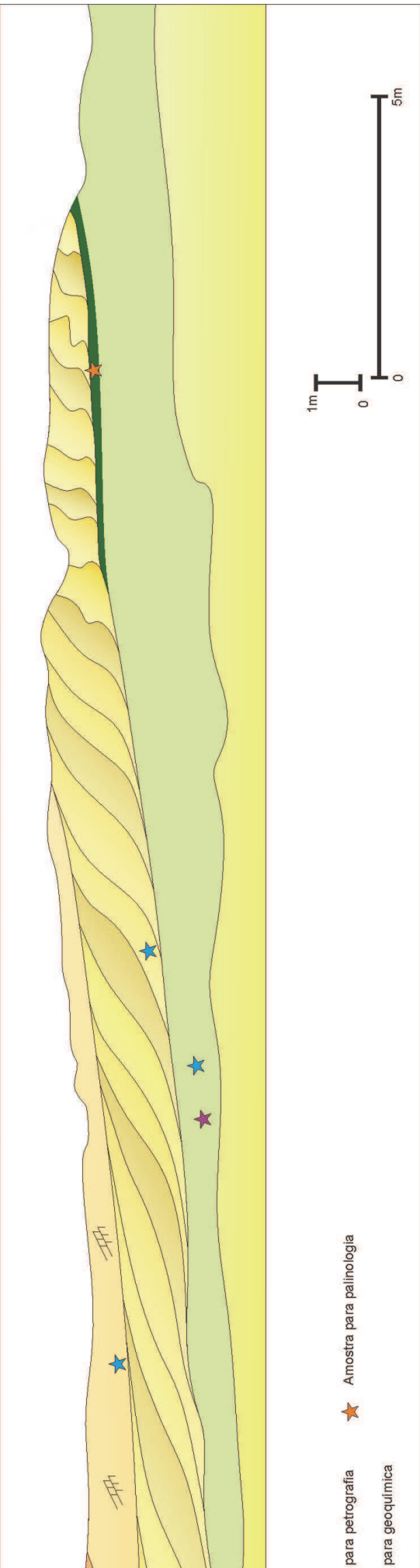
- Siqueira D.V. 2002. *Arquitetura deposicional 2D da Formação Maceió, nos afloramentos de Japaratinga, Barreiras do Boqueirão e Morro de Camaragibe – Bacia de Alagoas*. MS Dissertation. Centro de Tecnologia e Geociências, Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 123p.
- Souza-Lima W., Andrade E.J., Bengston P., Galm P.C. 2002. *A Bacia de Sergipe-Alagoas: evolução geológica, estratigrafia e conteúdo fóssil*. Fundação Paleontológica Phoenix, Aracaju.
- Souza-Lima W. 2006. Litoestratigrafia e evolução tectono-sedimentar da bacia de Sergipe-Alagoas. O Paleozóico? A provável sequência siluro-devoniana. *Phoenix*, 8(**94**), p 1-4. Fundação Paleontológica Phoenix, Aracaju.
- Souza-Lima W. , Oliveira B., Borba C., Rancan C.C., Cangussu L.P., Chaves M.N.C., Santos M.R.F.M., Ribas N., Galm P.C., 2012. Contexto tectono-sedimentar da Formação Karapotó, Provável Siluro-Devoniano da Bacia de Sergipe-Alagoas. **In: 46º Congresso Brasileiro de Geologia, Anais**. Santos, São Paulo.
- Souza-Lima W. 2015. Petrobras, Comunicação verbal.
- Taylor S.R., McLennan S.M. 1995. The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews in Geophysics* **33**:241-265.
- Teixeira L.R., Lima E.S., Neves J.P., Santos R.A., Santiago R.C., Melo R.C. 2014. *Mapa geológico e de recursos minerais do Estado de Sergipe, escala 1:250.000*. Aracaju, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico, da Ciência e da Tecnologia.
- Van Der Plas L. & Tobi A.C. 1965. A chart for judging the reliability of point counting results. *American Journal of Science*, **263**(1):87-90.
- Uesugui N. 1979. Palinologia: técnica de tratamento de amostras. Rio de Janeiro, *Boletim Técnico da Petrobras*, **22**(4):229-240.
- Whitney D., Evans B.W. 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, **95**(1):185-187.
- Zuffa G.G. 1985. Optical analise of arenites: influence of methodology in compositional results. *In: Zuffa G.G. (ed.) Provenance of Arenites*. Dordrecht, Germany, D. Reidel Publishing Company, p. 165-189.

ANEXOS

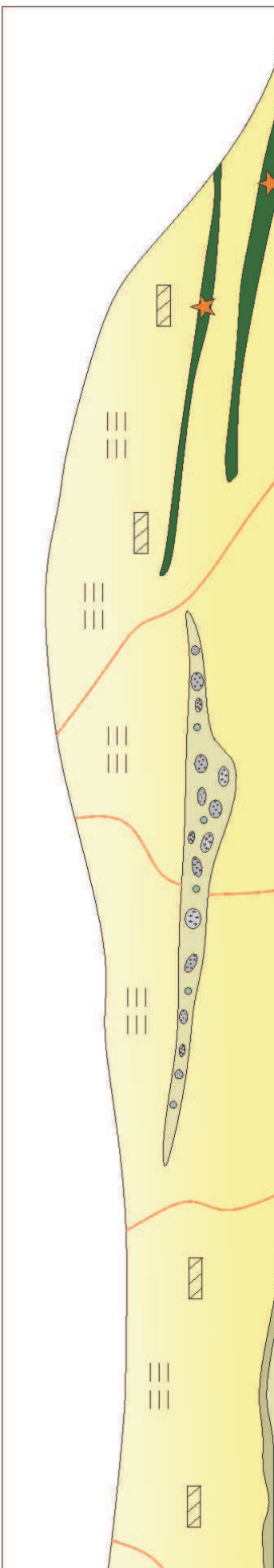
o Praia de Japaratinga (modificado de Arienti 1996).



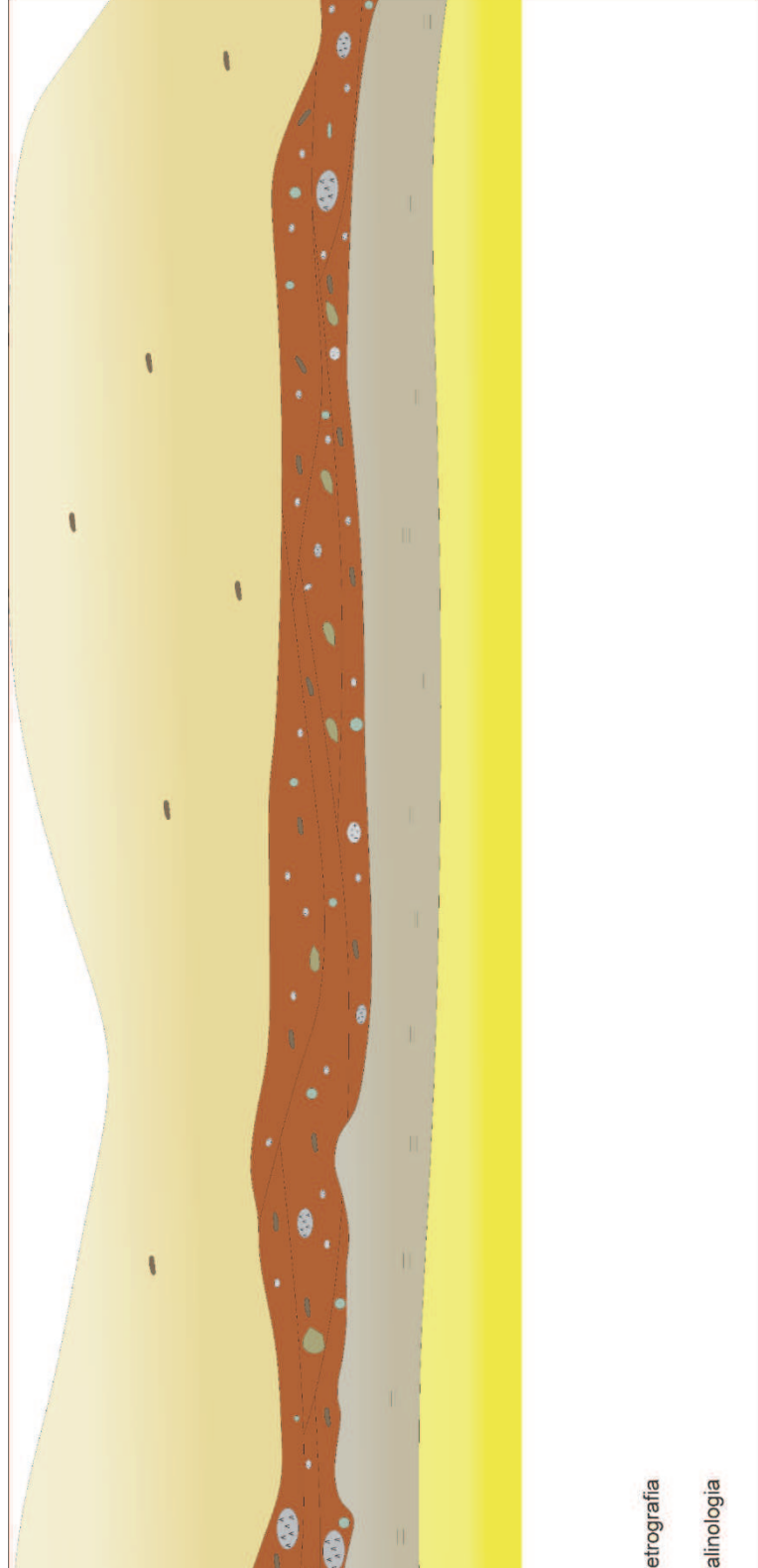
Barreiras do Boqueirão (modificado de Arienti 1996).



amento Morros de Camaragibe - Parte Norte.



amento Morros de Camaragibe - Parte Central.



amento Morros de Camaragibe - Parte Sul.

